

Konzentration durch Antizipation

Joachim Hoffmann

1. Einleitung

Im alltagspsychologischen Verständnis verbindet sich mit dem Begriff "Konzentration" die Vorstellung von einer Person, die sich mit Hingabe einer Tätigkeit widmet. "Hingabe" an eine Tätigkeit läßt sich u.a. daran erkennen, daß sich die oder der Tätige durch störende Umwelteinflüsse kaum ablenken lassen: Der konzentrierte Buchleser überhört das Klingeln an der Haustür, der konzentriert über ein Problem Nachdenkende läßt den Gruß eines Bekannten unerwidert und wird deshalb für zerstreut gehalten, und der auf sein Spiel konzentrierte Tennisstar vergißt die auf ihn gerichteten Fernsehkameras und das Publikum. Diese Vorstellungen vom konzentrierten Handeln heben etwas hervor, das ich als funktionale Geschlossenheit der Beziehungen des Handelnden zu seiner Umwelt bezeichnen möchte. Der konzentriert Handelnde ist auf beeindruckende Weise von Umwelteinflüssen abgeschirmt, die ihn in seinem Handeln stören könnten. Oder, um es positiv zu formulieren, er scheint vorrangig nur diejenigen Umgebungsbedingungen wahrzunehmen, die für die Ausführungen seiner Handlungen bedeutsam sind, der Lesende den Text, den er liest, der Tennisspieler die Bewegungen seines Gegners und der in die Lösung eines Problems Vertiefte nur diejenigen Reize, die seinen Gedanken entsprechen. Diese Selektivität der Wahrnehmung ist vermutlich eine der wichtigsten Komponenten konzentrierten Handelns. Im folgenden werde ich die Frage nach den Mechanismen diskutieren, die der im konzentrierten Handeln zum Ausdruck kommenden verhaltensadäquaten Selektivität der Wahrnehmungen möglicherweise zugrunde liegen. Damit wird nur ein Teilaspekt des Phänomens "Konzentration" behandelt, das neben der Selektivität der Wahrnehmung auch durch andere Faktoren, wie etwa Motivation und Ausdauer bestimmt wird. Die Diskussion wird sich im wesentlichen auf Befunde stützen, die im Bereich der visuellen Wahrnehmung erhoben worden sind.

2. Selektive Wahrnehmung

Die Feststellung, daß wir stets nur einen Bruchteil der auf uns einwirkenden Reize (bewußt) wahrnehmen, ist trivial, weil es jeder weiß. Trotz der Offensichtlichkeit des Phänomens fehlen uns jedoch Kenntnisse über die Mechanismen, die es bewirken. Die Mechanismen, die der Selektivität der Wahrnehmung zugrunde liegen, werden Mechanismen der (selektiven) Aufmerksamkeit genannt. Johnston und Dark (1986) stellen in einem Überblick der mittlerweile sehr umfangreichen Literatur zur selektiven Aufmerksamkeit fest, daß es (1)

eine weitgehende Zurückhaltung gegenüber einer Definition dessen gibt, was unter selektiver Aufmerksamkeit verstanden werden soll, daß (2) sich einander widersprechende Theorien vielfach auf die gleichen empirischen Phänomene berufen und daß (3) zumeist auf eine intelligente Instanz Bezug genommen wird, um Phänomene der selektiven Aufmerksamkeit zu erklären. Angesichts dieser Lage konstatieren sie etwas resignierend: "It is difficult to conceptualize a process that is not well defined, and it is difficult to falsify empirically a vague conceptualization, especially one that relies on a homunculus" (Johnston & Dark, 1986, S. 44). In der Tat erlaubt es keiner der bislang vorliegenden theoretischen Entwürfe, die Gesamtheit der empirischen Befunde widerspruchsfrei zu erklären, es sei denn, es handelt sich um Theorien, "deren umfassende Anwendbarkeit aus ihrer umfassenden Leere entspringt" (Neumann, 1985, S. 210).

Die theoretischen Vorstellungen, nach denen die Selektivität der Wahrnehmung auf einer Auswahl der zu verarbeitenden Reize aufgrund einfacher sensorischer Merkmale beruht (Cherry, 1953; Broadbent, 1958; Treisman, 1964), haben es schwer, zu erklären, warum nicht ausgewählte Reize dennoch ihrer Bedeutung entsprechend wirksam werden können (z.B. Moray, 1959; Ostry, Moray & Marks, 1976; Corteen & Wood, 1972; Dawson & Schell, 1982; vgl. auch Lambert, 1985). Die nicht ausgewählten Reize sollten ja nach den theoretischen Vorstellungen keine weitere Verarbeitung erfahren und damit auch in ihrer Bedeutung nicht identifiziert werden können. Konzeptionen, die dagegen annehmen, daß vor einer Selektion und damit unabhängig von der Ausrichtung der Aufmerksamkeit ausnahmslos alle Reize soweit verarbeitet werden, daß ihre Bedeutung identifiziert wird (Deutsch & Deutsch, 1963; Shiffrin & Schneider, 1977) haben es schwer, zu erklären, (1) warum durch eine bewußte Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf einfache sensorische Merkmale wie Farbe oder Größe deren Verarbeitung beschleunigt werden kann (z.B. Egeth & Bradshaw in Egeth, 1977; Frankolini & Egeth, 1980), (2) warum die Bedeutung von Reizen, auf die die Aufmerksamkeit gerichtet ist, zuverlässiger wahrgenommen wird als die Bedeutung von Reizen, auf die die Aufmerksamkeit nicht gerichtet ist (z.B. Treisman & Geffen, 1967; Treisman & Riley, 1969), und schließlich (3), warum eine Selektion von Reizen nach sensorischen Merkmalen leichter gelingt als eine Selektion nach semantischen Merkmalen (Johnston & Heinz, 1978, 1979; Kahnemann & Treisman, 1984). Nach der Annahme einer vollständigen Verarbeitung vor der Selektion erfahren ja alle Reize unabhängig von der Orientierung der Aufmerksamkeit die gleiche Verarbeitung, so daß aufmerksamkeitsabhängige Verarbeitungsunterschiede nicht auftreten sollten.

Die beispielhaft erwähnten Befunde belegen die Fähigkeit des Menschen, seine Wahrnehmung sehr flexibel auf Reize mit den unterschiedlichsten Merkmalen zu konzentrieren, von einfachsten sensorischen Merkmalen wie etwa der Farbe eines Reizes bis hin zu abstrakten semantischen Merkmalen wie etwa der Zugehörigkeit eines Reizes zu einer bestimmten Kategorie (vgl. Hoffmann, 1987). Dieser Flexibilität in der Wahl der Selektionskriterien, ist schließlich auch theoretisch entsprochen worden. Es wurden Vorstellungen ent-

wickelt, nach denen die Selektion nun nicht mehr an einer bestimmten Stelle in einer Sequenz von Reizverarbeitungsschritten erfolgt. Man ging vielmehr davon aus, daß alle Prozesse der Reizverarbeitung gleichberechtigt von internen Ressourcen zehren, die nur in begrenztem Umfang zur Verfügung stehen (Kahnemann, 1973; Norman & Bobrow, 1975, 1976). Die Selektivität der Wahrnehmung kommt nach dieser Überlegung dadurch zustande, daß den einzelnen Prozessen die Ressourcen selektiv zugeteilt werden. Reize, deren Verarbeitung Prozesse mit reichlich zugedachten Ressourcen beanspruchen, erfahren danach eine bessere Verarbeitung als Reize, die schlechter bedachte Verarbeitungsprozesse beanspruchen. Gleichzeitig folgt aus dieser Überlegung, daß mehrere Anforderungen bei dem Versuch einer gleichzeitigen Bewältigung in dem Ausmaß untereinander interferieren werden, in dem sie die verfügbaren Ressourcen überbeanspruchen. Die Annahme von der Existenz einer begrenzten aber frei verteilbaren Ressource oder Verarbeitungskapazität erlaubt es nun leicht, die Flexibilität in der Verwendung von Selektionskriterien verständlich zu machen und gleichzeitig zu zeigen, warum die Konzentration auf die Verarbeitung bestimmter Reize die Verarbeitung anderer Reize beeinträchtigen muß: Die Ressourcen können auf jeden beliebigen Verarbeitungsprozeß konzentriert werden, auf die Verarbeitung sensorischer Merkmale ebenso, wie auf die Verarbeitung semantischer Merkmale des Reizangebots und jede Konzentration auf einen bestimmten Verarbeitungsprozeß entzieht den anderen, gleichfalls beteiligten Prozessen Verarbeitungskapazität und mindert so deren Effizienz. Schwierigkeiten bereitet dieser Ansatz dann, wenn es gilt, die für eine bestimmte Leistung benötigten Ressourcen reliabel zu bestimmen. Es zeigt sich nämlich, daß die für die Erbringung einer Leistung beanspruchten Ressourcen vom jeweiligen Kontext abhängen, in dem die Leistung zu erbringen ist. Die für die Erkennung eines visuellen Signals beanspruchten Ressourcen kalkulieren sich bspw. anders, wenn gleichzeitig eine visuelle anschauliche Vorstellung aufrecht erhalten werden soll, als wenn es eine akustische anschauliche Vorstellung ist (Segal & Fusella, 1970; Bosshardt, 1975). Und so verhält es sich in den meisten Fällen: Die für die Erbringung einer Leistung bestimmbar Ressourcen verändern sich in Abhängigkeit von den gleichzeitig noch zu erbringenden Leistungen und von dem Grad ihrer Trainiertheit (z.B. Allport, Antonis & Reynolds, 1972; Spelke, Hirst & Neisser, 1976). Damit verlieren aber die Ressourcentheorien jede Möglichkeit einer Voraussage von ressourcenabhängigen Interferenzen zwischen gleichzeitig zu erbringenden Leistungen und damit ihren Erklärungswert (vgl. die ausführliche Diskussion zu diesem Punkt bei Neumann, 1985). Selbst die Ergänzung der Ressourcentheorien durch eine Annahme, nach der es nicht eine sondern mehrere Quellen von Ressourcen für jeweils strukturell unterschiedliche Verarbeitungsprozesse geben soll (z.B. Navon & Gopher 1977, in abgewandelter Form auch Navon, 1989) erhöht nicht den Erklärungswert der Ressourcenvorstellung, solange nicht bestimmt werden kann, welche Quellen zu unterscheiden sind und welche Teilprozesse sie versorgen. Neumann (1985) zeigt überzeugend, daß der Versuch, diese Fragen durch die Analyse von Interferenzen zwischen gleichzeitig zu erbringenden Leistungen zu lösen, zur

“Entdeckung” immer neuer Ressourcen führen muß. Leistungen beeinträchtigen sich gegenseitig hinsichtlich der verschiedensten Aspekte und es verbessert sich in keiner Weise unser Verständnis dieser Interferenzen, wenn wir hinter ihnen jeweils die Wirkung einer spezifischen Ressource vermuten.

Angesichts der hier nur angedeuteten Schwierigkeiten, die vorliegenden experimentellen Ergebnisse zur Selektivität der Wahrnehmung theoretisch befriedigend zu integrieren, erscheint es angebracht, die Suche nach Erklärungen für experimentelle Resultate für einen Moment zurückzustellen, um nach dem Sinn, nach der Funktion zu fragen, die die Selektivität der Wahrnehmung in der Interaktion eines Organismus mit seiner natürlichen Umwelt erfüllt: Die Möglichkeiten eines Organismus zur Erfassung von Umgebungseigenschaften entwickeln sich in Wechselwirkung mit seinen Möglichkeiten zum Verhalten in dieser Umgebung. Dieser Zusammenhang läßt sich in der Phylogenese (z.B. Uexküll, 1921; Lorenz, 1973; Piaget, 1980) ebenso belegen, wie in der Ontogenese (z.B. Piaget 1947, 1969; von Hofsten 1989; Hein & Held, 1967). Die Wahrnehmungssysteme passen sich dabei so an die Verhaltensmöglichkeiten an, daß sie vorzugsweise diejenigen Informationen über die Umgebung liefern, die für die Koordination der Menge der möglichen Verhaltensweisen notwendig sind. Organismen mit differenzierten Verhaltensmöglichkeiten sind dementsprechend mit Wahrnehmungssystemen ausgestattet, die vielfältige Informationen über die verschiedensten Eigenschaften der Umgebung vermitteln, während Organismen mit einem geringen Verhaltensrepertoire nur über eingeschränkte Wahrnehmungsmöglichkeiten verfügen. In jedem Fall aber vermitteln die Wahrnehmungssysteme (im Wachzustand) die Informationen über die Umwelt kontinuierlich und parallel. Das Verhalten der Organismen aber ist aus naheliegenden Gründen in jedem Moment immer nur auf das Erreichen eines bestimmten Verhaltensresultats ausgerichtet. Die Vielfalt des durch die Wahrnehmung vermittelten Informationsangebotes und die Ausrichtung der Verhaltenssteuerung auf jeweils nur ein bestimmtes Resultat bilden einen grundsätzlichen Widerspruch, der darin besteht, daß nur ein Bruchteil der jeweils verfügbaren Information für die Kontrolle des jeweils aktuellen Verhaltens benötigt wird. Die Phänomene der selektiven Wahrnehmung sind vermutlich ein Ausdruck für die in der Evolution gefundene Lösung dieses Widerspruches. Sie tragen dafür Sorge, daß nur diejenigen Informationen Einfluß auf das Verhalten gewinnen, die seine erfolgreiche Ausführung erfahrungsgemäß sichern.

Der enge Zusammenhang von Wahrnehmung und Verhaltenssteuerung ist in der Psychologie immer wieder gesehen und zum Gegenstand theoretischer Überlegungen gemacht worden (z.B. Münsterberg, 1892; Dewey, 1896; von Weizsäcker 1931; Gibson, 1979; Prinz, 1983; vgl. auch Leist, 1989; Ennenbach, 1990; Neumann & Prinz, 1990b). Die in diesem Zusammenhang angestellten Überlegungen haben jedoch nie einen dominierenden Einfluß auf die Theorienentwicklung in der Psychologie ausgeübt. Die auf Descartes zurückgehende Trennung von körperlichen und geistigen Vorgängen, von manipulativer Auseinandersetzung mit der Umwelt im Handeln und ihrer geistigen Reflexion, erwies sich wohl jeweils als zu stark im wissenschaftlichen

Denken verankert, als daß sich eine integrative Betrachtung beider Vorgänge hätte durchsetzen können (vgl. Ryle, 1969; Neumann, 1989). In den letzten Jahren hat jedoch das Interesse an einer solchen integrativen Betrachtung, die den Versuch unternimmt, traditionell getrennte Gebiete wie etwa die Kognitions- und die Motorikforschung zusammenzuführen, deutlich zugenommen (vgl. etwa Turvey, 1977; Reed, 1982; Heuer & Sanders, 1987; Neumann & Prinz, 1990a). In diesem Kontext ist eine Analyse von Phänomenen der selektiven Wahrnehmung als Ausdruck der Anpassung der Wahrnehmung an die Notwendigkeiten der Verhaltenskontrolle m.E. am überzeugendsten von Odmar Neumann propagiert worden (Neumann, 1985, 1987a,b, 1990). Er kommt zu der Schlußfolgerung, daß unter "Aufmerksamkeit" die Gesamtheit der Mechanismen zu verstehen ist, die der Lösung der mit der Verhaltenssteuerung zusammenhängenden Selektionsprobleme dienen (Neumann, 1985, S. 209). Eine Analyse der Mechanismen der Verhaltenssteuerung sollte danach auch Einsichten in die Ursachen der selektiven Aufmerksamkeit vermitteln.

3. Spekulationen zur Organisation der Verhaltenssteuerung

Die Steuerung zielgerichteten Verhaltens erfolgt, so nehme ich an, unter Ausnutzung von Relationen zwischen drei Bestimmungsstücken: (1) dem Verhaltensakt, (2) dem Ausgangszustand, auf den er angewendet wird, und (3) dem Endzustand, den er durch seine Anwendung auf den Ausgangszustand erzeugt (vgl. etwa Merton, 1972; Schmidt, 1975; Miller, Galanter & Pribram, 1960; Dörner, Schaub, Stäudel & Strohschneider, 1988 für vergleichbare Unterscheidungen). Die Relationen beinhalten, so vermute ich weiter, Informationen darüber, welche Klassen von Endzuständen durch welche Klassen von Verhaltensweisen bei welchen Klassen von Ausgangszuständen erreicht werden können. Welche Lernmechanismen diese Zusammenhänge aus dem steten Erleben der durch eigenes Verhalten verursachten Zustandsänderungen abstrahieren, ist ein noch offenes Problem. Es läßt sich lediglich sagen, daß es Lernvorgänge sein müssen, die nicht nur im Sinne einer konditionierten Reaktion festhalten, welche Verhaltensweisen auf welche Reizbedingungen hin auszuführen sind, noch allein, welche Zustände im Resultat welcher Verhaltensweisen (feedforward) eintreten – nein, es muß sich um Lernvorgänge handeln, die die bedingungsabhängige Veränderbarkeit von Zuständen bewahren, die eben darauf gerichtet sind, zu erfassen, welche Zustände unter welchen Voraussetzungen durch welches eigene Verhalten hergestellt werden können. Das gewonnene Wissen über die Herstellbarkeit von Zuständen und Reizbedingungen liegt, so die Annahme, der Steuerung zielgerichteten Verhaltens zugrunde. Nach diesen Überlegungen wird ein intentionaler Verhaltensakt zumindest durch die beiden folgenden Antizipationen gesteuert: (1) durch eine Antizipation von Eigenschaften des zu erreichenden Zustandes, die damit zum aktuellen Ziel des Verhaltensaktes werden und (2) durch eine Antizipation der notwendigen Eigenschaften eines Ausgangszustandes, für den die Erfahrung

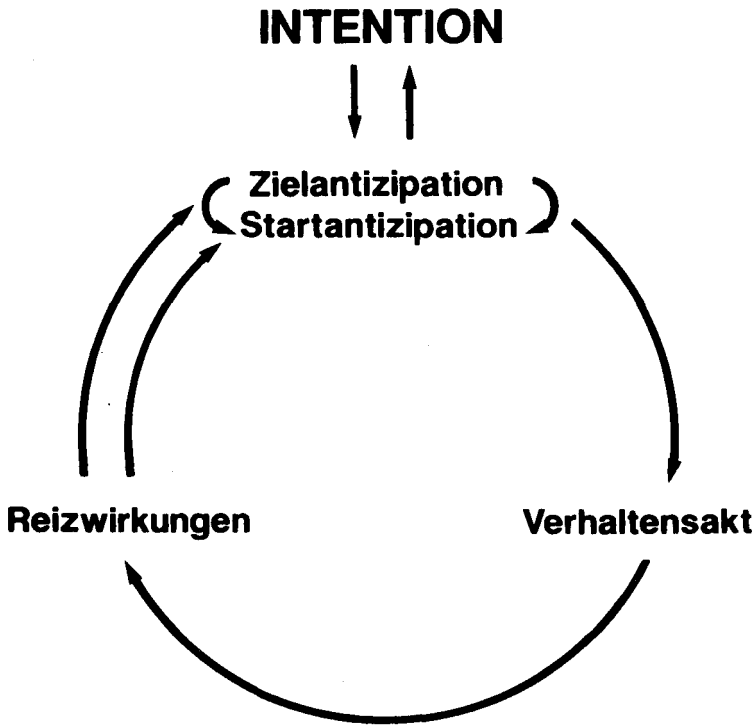


Abb. 1: Zur Veranschaulichung verhaltenssteuernder Antizipationen.

gemacht worden ist, daß er durch aktives Verhalten in den antizipierten Zielzustand überführt werden kann (vgl. Abb.1).

Die Abbildung 1, die bewußt Assoziationen zur Idee des Gestaltkreises von von Weizsäcker (1931) wecken soll, veranschaulicht die vermuteten Zusammenhänge: Entsprechen die gegebenen Reizbedingungen den antizipierten Startbedingungen hinreichend, wird derjenige Verhaltensakt ausgeführt, der erfahrungsgemäß durch seine Anwendung auf die identifizierte Ausgangssituation den antizipierten Zielzustand herzustellen vermag. Die durch den Verhaltensakt hervorgerufenen Veränderungen der Reizwirkungen werden mit der Antizipation des Zielzustandes verglichen. So kann unmittelbar festgestellt werden, ob der Verhaltensakt auch zu den gewünschten Veränderungen der gegebenen Situation führt.

Die hier im Grundgedanken skizzierten Spekulationen berücksichtigen die schon oft formulierte Erkenntnis, daß eine Beschreibung menschlichen Ver-

haltens als Reaktion auf äußere Reizbedingungen kaum adäquat ist (z.B. Dewey, 1896; Gibson, 1960; Neisser, 1976, 1978; Neumann & Prinz, 1987; Dörner, 1989). In den Überlegungen der genannten Autoren wird übereinstimmend betont, daß die Kontrolle menschlichen Verhaltens nicht mit der Aufnahme und Verarbeitung einer Reizsituation beginnt, sondern mit der Auswahl eines Verhaltensziels. Nicht der Reiz determiniert das Verhalten sondern sein Ziel. Die gegebene Reizsituation bestimmt nicht direkt, welches Verhalten realisiert wird, es modifiziert nur die Art und Weise, wie das angestrebte Ziel erreicht zu werden versucht. Der Reiz trifft in der Regel nicht auf einen unvorbereiteten Organismus, den er zu einem Verhalten veranlaßt, er trifft vielmehr auf einen Menschen, der Ziele anstrebt, der in aller Regel immer schon in Bereitschaft steht, ein bestimmtes Verhalten auszuführen und der die gegebenen Bedingungen daraufhin prüft, ob sie geeignete und welche Voraussetzungen sie für eine erfolgreiche Ausführung des intendierten Verhaltens bieten. Die hier angenommenen Mechanismen der Antizipation von Zielzuständen und notwendigen Ausgangsbedingungen zur Erreichung des Ziels sollen diese Bereitschaft zur Aufnahme und Berücksichtigung verhaltensrelevanter Informationen zum Ausdruck bringen (vgl. auch Hoffmann, 1988, 1990)

Ich vermute, daß es solche verhaltenssteuernden Antizipationen sind, die die Voraussetzungen für eine verhaltenskonforme Selektivität der Wahrnehmung schaffen. Im Gegensatz zu den einleitend erwähnten theoretischen Vorstellungen zur Erklärung von Phänomenen der selektiven Wahrnehmung, werden nach dieser Vermutung Reizbedingungen mit bestimmten Eigenschaften nicht deshalb bevorzugt verarbeitet, weil sie im Resultat aufmerksamkeitsunabhängiger Prozesse (preattentional) aus einer Gesamtmenge vorverarbeiteter Informationen ausgewählt werden, oder weil ihre Verarbeitung von einer zentralen Instanz besonders reichlich mit Ressourcen bedacht wird; nein, sie werden deshalb bevorzugt verarbeitet, weil ihre Wirkungen bereits antizipiert sind, weil sie nur noch zu bestätigen haben, was als Voraussetzung und Resultat einer erfolgreichen Verhaltensausführung erwartet wird. Die Selektion erfolgt nicht im Verlaufe der Reizverarbeitung auf einer von mehreren in der Folge zu durchlaufenden Stufen, sondern sie erfolgt vor jeder Reizverarbeitung als ihre Voraussetzung. William James hat vermutlich an einen ähnlichen Zusammenhang gedacht, als er vor 100 Jahren schrieb: "The image in the mind is the attention, the preperception ... is half of the looked-for thing" (James, 1890; S.442).

Soweit die spekulativen Grundgedanken, die ich im folgenden auf die Betrachtung von drei Phänomenen der selektiven Aufmerksamkeit anwenden will: Auf das Phänomen der räumlichen Aufmerksamkeitskonzentration, auf das Phänomen der Konzentration der Aufmerksamkeit auf Objekte und schließlich auf das Phänomen lokationsspezifischer Objekterwartungen.

4. Die räumliche Aufmerksamkeitskonzentration

Unter natürlichen Bedingungen kommt es nicht allzu häufig vor, daß wir unsere Aufmerksamkeit ausschließlich auf einen bestimmten Ort konzentrieren, ohne zugleich auch einen bestimmten Reiz dort zu erwarten. Wir tun dies, wenn wir etwa glauben, ein Einbrecher macht sich an unserer Haustür zu schaffen. Wir bemühen uns dann, möglicherweise mit angehaltenem Atem, jedweden Reiz der von diesem Ort kommt, mit besonderer Deutlichkeit wahrzunehmen.

Im visuellen Bereich ist eine Konzentration der Aufmerksamkeit auf einen Ort in unserer Umgebung durch die Fixation dieses Ortes zu erreichen. Die von ihm ausgehenden Reizwirkungen werden dann, der Konvergenz der Blicklinien entsprechend, in der Fovea centralis beider Augen abgebildet, was ihnen gegenüber Reizwirkungen von anderen Orten eine bevorzugte Verarbeitung sichert. Nun hat bereits Helmholtz (1866) beobachtet, daß auch unabhängig von der Blickfixation, Reize an bestimmten Orten gegenüber Reizen an anderen Orten eine bevorzugte Verarbeitung erfahren können. Dieses Phänomen der "verdeckten" Konzentration der Aufmerksamkeit auf einen anderen Ort als den, zu dem wir blicken, ist in neuerer Zeit von Posner und seinen Mitarbeitern aufgegriffen und systematisch analysiert worden (Posner, Nissen & Ogden, 1978; Posner, 1980; Posner, Snyder & Davidson, 1980). In einem der typischen Experimente quittieren die Vpn so schnell wie möglich das Auftauchen eines kleinen Quadrates auf einem Bildschirm, dessen Mitte sie fixieren. Vor jeder Darbietung des Quadrates erhalten sie eine Vorinformation darüber, ob das Quadrat rechts oder links vom Fixationspunkt dargeboten werden wird. Trotz dieser Vorinformation sollen die Vpn den Blick nicht zu der erwarteten Stelle bewegen, sondern weiter unverwandt die Mitte des Bildschirms fixieren. Die Darbietung entspricht in nur 80% aller Fälle der vorangekündigten Position (in einer Kontrollbedingung nur in 50% der Fälle). Im Ergebnis reagieren die Vpn im Vergleich zur Kontrollbedingung schneller, wenn das Quadrat an der erwarteten Position dargeboten wird und sie reagieren langsamer, wenn das Quadrat an der gegenüberliegenden, nicht erwarteten Position dargeboten wird. Die Reaktion auf einen Reiz kann also unter sonst gleichen Bedingungen beschleunigt werden, wenn er an einer erwarteten Position dargeboten wird, auch ohne daß diese Position fixiert wird. Es ist allein die Erwartung des Reizes an diesem Ort, die die Vpn schneller reagieren läßt, wenn der Erwartung entsprochen wird.

In der Erklärung des Phänomens sprechen Posner, Snyder und Davidson (1980) von einem "verdeckten" Aufmerksamkeitsmechanismus, der unabhängig von den Augenbewegungen und damit unabhängig vom Fixationspunkt in der Lage ist, die Wahrnehmung für Reize an bestimmten Lokationen zu sensibilisieren. Zur Veranschaulichung des Erklärungsansatzes benutzen sie die Metapher eines "Spotlight", der jeweils ausgewählte Stellen einer angenommenen mentalen Repräsentation des Raumes erhellt. Reizwirkungen, die auf diesen "erhellten" Stellen abgebildet werden, erfahren eine bevorzugte, schnellere Verarbeitung als Reize, die auf "dunklen" Stellen der mentalen Repräsentation ab-

gebildet werden. Die Positionierung des "Spot", etwa als Vorbereitung auf die Verarbeitung eines Reizes an einem erwarteten Ort, wird als selbständiger Mechanismus verstanden, der unabhängig ist von der Kontrolle der Augenbewegungen: "Orienting ... may be an entirely central phenomenon without any overt change in eye position", es wird aber zugleich hinzugefügt: "Usually the eyes do follow the direction of our attention, however" (Posner, Snyder, & Davidson, 1980; S.173).

Folgt man den angedeuteten Spekulationen zur antizipativen Verhaltenssteuerung, dann verweist die Tatsache, daß die Augenbewegungen in der Regel der Richtung der mentalen Aufmerksamkeit folgen, auf einen Zusammenhang zwischen der mentalen Aufmerksamkeitssteuerung und den Blickbewegungen: Im Sinne einer antizipativen Verhaltenskontrolle sollte eine gezielte Blickbewegung durch eine Antizipation der mit ihr zu erzeugenden Reizsituation vorbereitet werden. Dies beinhaltet eine Antizipation der mit der Fovealisierung des angezielten Fixationspunktes einhergehenden Reizwirkungen, die nach dieser Überlegung die Ursache für die bevorzugte Verarbeitung der von diesem Ort ausgehenden Reizwirkungen ist. Die mentale Aufmerksamkeitskonzentration wird nicht länger als ein von den Blickbewegungen unabhängiger mentaler Mechanismus konzipiert, als ein geistiger Vorgang, der unabhängig vom körperlichen Vorgang der Blickbewegung ist, sondern als ein Mechanismus, der der Vorbereitung und Kontrolle einer gezielten Blickbewegung dient und damit Bestandteil der Verhaltenssteuerung und nicht unabhängig von ihr ist. Die Konzentration der (mental)en Aufmerksamkeit auf einen Ort in der Umgebung wäre nichts anderes, als die Intention, zu diesem Ort zu blicken, die mit der Antizipation der durch den Blickwechsel erwartungsgemäß eintretenden Reizbedingungen realisiert wird (vgl. auch Wolf, 1984, 1985, 1986 zu einer ausführlichen Diskussion dieser Vermutung).

Die beobachteten Eigenschaften der mentalen Aufmerksamkeitskonzentration stehen mit einer solchen Interpretation durchaus in Übereinstimmung: Posner, Snyder und Davidson (1980) haben etwa gezeigt, daß die mentale Aufmerksamkeit nicht gleichzeitig auf zwei nicht-benachbarte Stellen konzentriert werden kann. Der Fokus der Aufmerksamkeit, der "Spot" so argumentieren sie, kann offensichtlich nicht geteilt werden. Es gibt immer nur einen Aufmerksamkeitsfokus. Betrachtet man jedoch die mentale Aufmerksamkeit als Bestandteil der Vorbereitung einer Blickbewegung, dann ergibt sich die Unteilbarkeit ihres Fokus direkt aus der Unmöglichkeit, gleichzeitig Blickbewegungen zu verschiedenen Orten durchzuführen. Eine andere Eigenschaft der mentalen Aufmerksamkeit besteht in der Variation des Grades ihrer Fokussierung. Eine Reihe von Beobachtungen lassen vermuten, daß die mentale Aufmerksamkeit sowohl auf einen umschriebenen Ort sehr genau konzentriert, als auch auf größere Gebiete flächendeckend verteilt werden kann. LaBerge (1983) etwa berichtet Daten, die wahrscheinlich machen, daß der Fokus der Aufmerksamkeit sehr viel stärker konzentriert ist, wenn die Vpn einen Buchstaben in einem dargebotenen Wort zu identifizieren haben, als wenn es gilt, das gesamte Wort zu identifizieren. Untersuchungen beim Autofahren haben

ergeben, daß sich mit zunehmender Geschwindigkeit die Aufmerksamkeit des Fahrers immer enger auf die Fahrtrichtung konzentriert, so daß Reize in der Peripherie des Gesichtsfeldes nur noch verzögert beantwortet oder gar nicht mehr bemerkt werden (Cohen, 1984; nach Galley, 1990). Auch bei der Suche nach Reizen in Listen oder homogenen Reizanordnungen läßt sich eine Anpassung der Weite des Aufmerksamkeitsfokus (effektiver Kontrollbereich) an Eigenschaften der Reizvorlagen erkennen (Prinz, 1983b; Prinz & Nattkemper, 1986). In aktuellen Untersuchungen ist sogar der Versuch unternommen worden, die für die Veränderung der Weite des visuell-räumlichen Aufmerksamkeitsfokus benötigte Zeit experimentell zu bestimmen (Vorberg, 1990; Stoffer, 1990). Im Rahmen der Spotlight Metapher führen solche Beobachtungen zur Annahme, daß der Durchmesser des "Spot" ein variierbarer Parameter ist, der dem aktuellen Bedarf entsprechend, wie die Brennweite einer Gummilinse, eingestellt werden kann. Im Kontext der Vorbereitung von Blickbewegungen dagegen kann die unterschiedliche Konzentration der Aufmerksamkeit mit der aus der Motorikforschung bekannten Tatsache in Zusammenhang gebracht werden, daß Bewegungen unterschiedlich genau gezielt werden können (vgl. dazu etwa die Diskussion zum Fitts'schen Gesetz bei Heuer, 1989). Die unterschiedliche Weite der Aufmerksamkeit kann hier als Ausdruck einer unterschiedlich exakten Positionierung des Zielpunktes einer Sakkade verstanden werden. Bei einer Betrachtung der mentalen Aufmerksamkeit als Mechanismus zur Steuerung von Blickbewegungen lassen sich also ihre Eigenschaften aus den Gesetzmäßigkeiten der Blickbewegungssteuerung ableiten. Vermutet man jedoch einen selbständigen Aufmerksamkeitsmechanismus, dann müssen die beobachtbaren Eigenschaften der Aufmerksamkeit (Unteilbarkeit und Veränderbarkeit der Weite des Fokus) ad hoc als Eigenschaften des sie tragenden Mechanismus (des Spots) angenommen werden.

Der Blick folgt gewöhnlich der Orientierung der Aufmerksamkeit. Es gilt aber auch umgekehrt: Einem gezielten Blickwechsel geht gewöhnlich eine Konzentration der Aufmerksamkeit auf den Zielort voraus. Bereits vor dem Beginn der Blickbewegung erfahren Reizwirkungen vom Zielort der Blickbewegung eine verbesserte Verarbeitung (Remington, 1980; Posner, 1980; vgl. auch Hoffman, 1986). Eine überzeugende Demonstration dieses Phänomens liefert eine Beobachtung von Rayner, McConkie und Ehrlich (1978): In ihren Experimenten wurden den Vpn zwei Buchstabenfolgen parafoveal rechts und links von einem Fixationspunkt dargeboten. Sobald eine Blickbewegung zu einer der beiden Folgen begann, wurden sie beide weggeblendet noch bevor die Fixation realisiert werden konnte, und ein Testwort wurde foveal dargeboten. Obwohl beide Folgen nur parafoveal wahrgenommen werden konnten, wird die Reaktion auf das Testwort allein durch die Folge beeinflusst, zu der die Blickbewegung intendiert war. Es reicht, in Übereinstimmung mit unserer Annahme einer antizipativen Verhaltenskontrolle, allein die Intention zu einem Ort zu blicken, um eine relativ verbesserte Verarbeitung der von dort ausgehenden Reizwirkungen zu bewirken.

Posner und seine Mitarbeiter haben in neueren Arbeiten die Annahmen zu den Mechanismen der mentalen räumlichen Aufmerksamkeit weiter differenziert

(Posner, Inhoff, Friedrich & Cohen, 1987; Posner, Petersen, Fox & Raichle, 1988; Posner, Walker, Friedrich & Rafal, 1984; Posner, Cohen & Rafal, 1982). Sie unterscheiden zwischen der Lösung der Aufmerksamkeit vom gegebenen Fokus (Disengaging), der Bewegung der Aufmerksamkeit zum neuen Fokus (Moving) und der Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf den neuen Fokus (Engaging). Wir wollen auf diese Unterscheidungen hier nicht weiter eingehen sondern nur feststellen, daß auch diese neueren Arbeiten Hinweise auf den funktionellen Zusammenhang zwischen mentaler Aufmerksamkeitskonzentration und Blickbewegungssteuerung erbringen, die von Posner und seinen Mitarbeitern natürlich gesehen wurden (vgl. etwa Posner & Cohen, 1984). Es scheint mir vor diesem Hintergrund auch weiterhin lohnenswert zu sein, die visuelle räumliche Aufmerksamkeit in einem funktionellen Zusammenhang mit der Planung und Vorbereitung von Augenbewegungen (vgl. Galley, in diesem Band) zu analysieren.

5. Die Konzentration der Aufmerksamkeit auf ein Objekt

Wir haben eben den Fall besprochen, daß die Aufmerksamkeit auf einen bestimmten Ort in unserer Umgebung konzentriert sein kann, ohne die Art der von diesem Ort ausgehenden Reizwirkungen zu berücksichtigen. Wenn wir in unserer Umgebung nach einem Objekt suchen, haben wir es mit einer im gewissen Sinne gegensätzlichen Situation zu tun: Unsere Aufmerksamkeit ist jetzt auf die uns vertrauten Reizwirkungen des gesuchten Objektes konzentriert, ohne den Ort, von dem die Reizwirkungen ausgehen, berücksichtigen zu können; der ist ja gerade nicht bekannt und deshalb suchen wir nach dem Objekt. Die Situation läßt sich dahingehend verallgemeinern, daß eine auf ein Objekt gerichtete Verhaltensintention gegeben ist, zu deren Realisierung die noch unbekannte Lokation des Objektes erst bestimmt werden muß (Hoffmann & Groszer, 1985; Allport, 1987). Im Experiment wird eine solche Suchsituation u.a. dadurch hergestellt, daß den Vpn mehrere Reize gleichzeitig visuell dargeboten werden und sie aufgefordert sind, so schnell wie möglich zu entscheiden, ob unter der Menge der dargebotenen Reize ein vereinbarter Zielreiz, ein sogenannter "Target" vorhanden ist. Die für die Entdeckung des Targets benötigten Zeiten werden gemessen und ihre Abhängigkeit von den verschiedensten Bedingungen untersucht. Es zeigt sich, daß in der Regel die Suchzeiten mit der Anzahl gleichzeitig dargebotener Reize monoton ansteigen. Dies ist zu erwarten, wenn man plausiblerweise davon ausgeht, daß, um das gesuchte Target zu entdecken, die Aufmerksamkeit oder der Blick von einem der dargebotenen Reize zum anderen wandern muß, um jeweils zu entscheiden, ob es sich um das Target handelt. Von dieser Regel aber gibt es deutliche Ausnahmen: Es gibt Targets, die immer gleich schnell entdeckt werden können, in bestimmten Grenzen unabhängig davon, unter wievielen Reizen sie "versteckt" sind. Man kann in diesen Fällen davon sprechen, daß die Targets einem "ins Auge springen", nach ihnen muß im eigentlichen Sinne des Wortes nicht gesucht werden; sind sie unter den gegebenen Reizen, dann werden sie sofort gesehen, unab-

hängig von dem Ort, den sie einnehmen (z.B. Egeth, Jonides & Wall, 1972; Treisman & Gelade, 1980). In anderen Worten, die Lokation dieser Targets kann außerordentlich effektiv bestimmt und damit das auf sie bezogene Verhalten unmittelbar realisiert werden.

Treisman und ihre Mitarbeiter haben sich in einer Reihe von Untersuchungen mit dem Phänomen des "ins-Auge-Springens" beschäftigt (Treisman & Gelade, 1980; Treisman, 1982; Treisman & Schmidt, 1982; Treisman & Gormican, 1988). Ein wesentliches Ergebnis ihrer Untersuchungen bestand darin, daß Targets ihren Vpn nur dann "ins-Auge-Springen", wenn sie sich von den sonst noch dargebotenen Reizen (den Distraktoren) in einem einfachen, elementaren visuellen Merkmal unterscheiden. Die von Treisman und Mitarbeitern vorgeschlagene "Merkmalsintegrationstheorie" zur Erklärung des Phänomens baut wesentlich auf diesem Befund auf. Danach verfügt das menschliche visuelle System über Detektionsmechanismen für elementare visuelle Merkmale (feature maps) die unmittelbar auf die Darbietung einer Reizstruktur, die das entsprechende Merkmal trägt, ansprechen. Dies geschieht (in gewissen Grenzen) unabhängig vom Ort der Darbietung. Unterscheidet sich das gesuchte Target in einem solchen elementaren Merkmal von seinen Distraktoren, dann liefert die Aktivierung des entsprechenden Detektionsmechanismus hinreichende Evidenz für das Vorhandensein des Target, nach ihm muß nicht mehr gesucht werden, es springt unmittelbar ins Auge. Dies ist bspw. der Fall, wenn wir nach einem runden C unter eckigen Vieren suchen (Egeth, Jonides & Wall, 1972) oder nach einem blauen Buchstaben in einem Feld mit sonst nur braunen und grünen Buchstaben (Treisman, 1982). Sind jedoch Relationen zwischen elementaren Merkmalen zu identifizieren, so erfordert dies, nach den Annahmen der Theorie, die Konzentration der räumlichen Aufmerksamkeit auf den Ort, an dem die zu identifizierende Relation hergestellt wird. Unterscheidet sich das gesuchte Target also durch eine spezifische Relation zwischen elementaren Merkmalen von den Distraktoren, ist etwa ein blaues C in einem Feld von Buchstaben zu entdecken, in dem es auch andersfarbige C's und andere blaue Buchstaben gibt, so daß nur die Konjunktion von Form (C) und Farbe (blau) das Target eindeutig spezifiziert, dann ist für die Identifikation dieser Relation die Konzentration der räumlichen Aufmerksamkeit auf den Ort des Targets notwendig und damit eine Suche nach diesem Ort. Die Suchzeiten steigen nun mit der Anzahl gleichzeitig dargebotener Distraktoren an, das Target springt einem nicht ins Auge.

Bestimmend für die Merkmalsintegrationstheorie (feature integration theory) ist die Annahme von der Existenz elementarer visueller Merkmale, die das Alphabet der visuellen Wahrnehmung bilden (z.B. Julesz, 1981; Witkin & Tanenbaum, 1983; Biederman, 1987) und der Verbindung dieser Annahme mit Mechanismen der Aufmerksamkeit: Visuelle Primitive können aufmerksamkeitsunabhängig entdeckt werden, während die Entdeckung komplexerer visueller Einheiten, deren Identität durch Relationen zwischen visuellen Primitiven bestimmt wird, aufmerksamkeitsabhängig ist. Das Phänomen des "ins-Auge-Springens" wird damit hauptsächlich auf strukturelle Eigenschaften des visuellen Systems zurückgeführt.

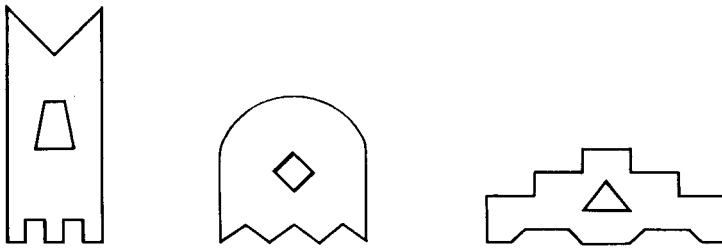


Abb. 2: Beispiele der in einem Experiment von Hoffmann & Grosser (1986) verwendeten geometrischen Muster. Die Muster unterscheiden sich in Merkmalen auf vier Dimensionen: Globale Form (schlank, kompakt, gedrunken), obere Rand (Dreieck, Bogen, Treppe), innere Figur (Trapez, Quadrat, Dreieck) und untere Rand (Zinne, Zacke, Aussparung)

Die hier nur in den Grundgedanken zitierte Merkmalsintegrationstheorie berücksichtigt m.E. nur unzureichend die Tatsache, daß sich das Phänomen des "ins-Auge-Springens" auch lernabhängig herausbilden kann (z.B. Shiffrin & Schneider, 1977; Schneider & Shiffrin, 1977). Um diesen Punkt zu verdeutlichen, soll etwas näher auf eine Arbeit von Hoffmann & Grosser (1986) eingegangen werden. Die Autoren berichten über Experimente, in denen die Vpn einfache Klassifikationen von geometrischen Mustern zu erlernen hatten (siehe Abb.2).

Ohne hier auf die Details der Untersuchung einzugehen, sei festgestellt, daß die Vpn an fünf Tagen eine bestimmte Klassifikation der Muster unter verschiedenen Anforderungen intensiv trainierten. Am Ende eines jeden Trainingstages wurde eine visuelle Suchaufgabe durchgeführt: Den Vpn wurden zwei, vier oder sechs der Muster gleichzeitig dargeboten und sie sollten so schnell wie möglich entscheiden, ob sich ein Muster einer der gelernten Klassen unter den dargebotenen Mustern befindet. Es interessierten insbesondere die Suchzeiten für Muster einer bestimmten Klasse, die mit der sinnlosen Silbe "Mip" bezeichnet sein soll. Die Mips waren bei verschiedenen Vpn unterschiedlich definiert. Es handelte sich einmal um alle die Figuren, die eine hohe schlanke Form zeigten (1), d.h. die Mips waren hier durch ein globales Merkmal der Muster definiert. Für andere Vpn waren die Mips durch die Form der inneren Figur bestimmt. Es waren alle die Muster, die ein Dreieck als Innenfigur zeigten (2). Das definierende Merkmal war hier also durch ein spezifisches Detail der Muster gegeben. Für eine weitere Vpn-Gruppe waren die Mips durch eine Konjunktion des globalen Formmerkmals mit der Form des oberen Randes bestimmt, es waren alle hohen schlanken Muster mit einem oberen Rand, der ein nach innen gerichtetes Dreieck formte (3). Beide Merkmale zusammen bestimmten also wesentlich die äußere Umrandung des Musters. Für eine vierte Gruppe von Vpn schließlich gehörten alle Muster mit einem inne-

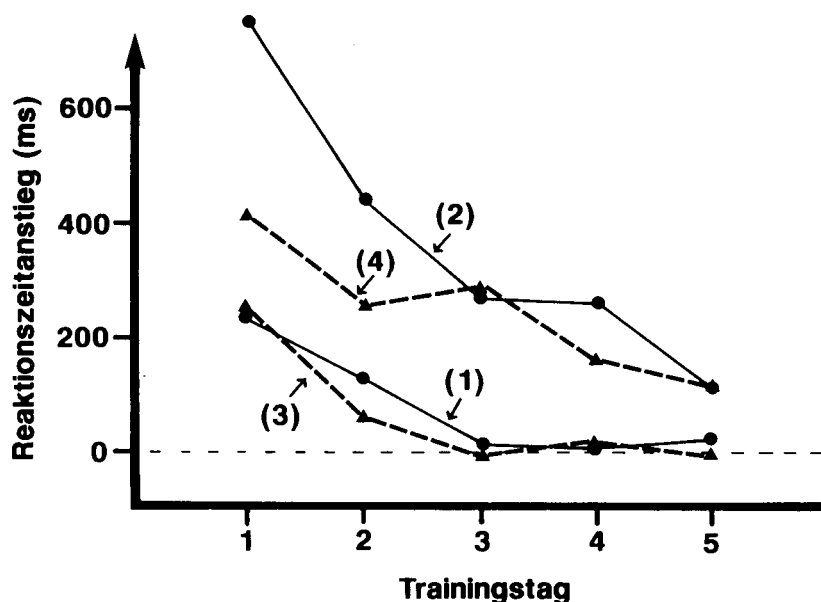


Abb. 3: Mittlere lineare Anstiege der Entdeckungszeiten in Abhängigkeit vom Logarithmus der Anzahl dargebotener Muster, dargestellt für unterschiedliche Merkmalscharakteristiken der zu suchenden Targets (1 bis 4, Erläuterungen im Text) und für die einzelnen Trainingstage. Die dargestellten Reaktionszeitanstiege entsprechen etwa den Reaktionszeitdifferenzen zwischen der Darbietung von 6 und 2 Objekten.

ren Dreieck und einer gezackten unteren Begrenzungslinie zur Kategorie der Mips (4). Es handelte sich hier um die Konjunktion zweier Detailmerkmale. Die Abbildung 3 zeigt nun, wie sich die Suche nach den Mips in Abhängigkeit vom Training und von der Art der sie definierenden Merkmale gestaltet. Dargestellt ist der lineare Anstieg der Suchzeiten über dem Logarithmus der Anzahl gleichzeitig dargebotener Muster.

Ist dieser Anstieg nicht signifikant von Null verschieden, dann zeigt dies, daß die Mips unabhängig von der Anzahl gleichzeitig dargebotener Muster gleich schnell entdeckt werden, sie springen den Vpn unmittelbar ins Auge. Je höher der Anstieg ist, desto mehr zusätzliche Zeit wird mit steigender Anzahl der dargebotenen Muster für die Suche nach dem Mip benötigt, desto aufwendiger gestaltet sich die Suche.

Die Daten machen darauf aufmerksam, daß sich erstens die Effektivität der Suche mit dem Training erhöht und daß zweitens die bei gleichem Trainingsaufwand erreichbare Effektivität von der Art der Merkmalscharakteristik der Mips abhängig ist. Nach drei Trainingstagen hat sich die Suche nach denjenigen

Mips, die durch ein einzelnes globales Merkmal (1) bzw. durch die Konjunktion zweier globaler Merkmale (3) definiert waren bereits so effektiviert, daß sie den Vpn ins Auge springen; die Suchzeiten sind nach den dritten Trainingstag nicht mehr länger von der Anzahl gleichzeitig dargebotener Muster abhängig. Für die Mips, die durch ein einzelnes Detailmerkmal (2), bzw. durch die Konjunktion zweier Detailmerkmale (4) definiert waren, wird ein solcher Zustand auch nach fünf Tagen intensiven Trainings noch nicht erreicht. Bemerkenswert ist, daß der wesentliche Unterschied in der Wirkung des Trainings nicht zwischen den Kategorien besteht, die durch ein Einzelmerkmal und denen, die durch eine konjunktive Verknüpfung zweier Merkmale definiert waren, sondern zwischen den Kategorien, die durch mehr globale, das Erscheinungsbild der Muster im Ganzen bestimmende Merkmale definiert waren und denen, die anhand von Detailmerkmalen identifiziert werden mußten.

Beide Beobachtungen, die lernabhängige Herausbildung des "ins-Auge-Springens" und der "Globalitätseffekt", sind im Rahmen der Merkmalsintegrations-theorie nicht beschreibbar. Sie machen darauf aufmerksam, daß es nicht so sehr auf die visuelle Einfachheit des zu suchenden Targets ankommt, sondern auf das Training einer kontingenten Verknüpfung zwischen der Klassifikation eines Objektes und seiner visuellen Erscheinungsweise. Eine solches kontingentes Training führt, so kann man vermuten, zur Abstraktion invarianter klassenspezifischer Wirkungen im visuellen System, an die die Auslösung klassenspezifischen Verhaltens gebunden werden kann. Ist eine solche Invariante gebildet, dann kann sie auch als notwendige Ausgangsbedingung für die Realisierung klassenspezifischen Verhaltens antizipiert werden (vgl. für eine ähnliche Auffassung Duncan & Humphreys, 1989). Daß dabei globale Invariante schneller abstrahiert werden können hängt wohl vor allem damit zusammen, daß unser visuelles System auf globale Merkmale schneller und, weitgehend unabhängig vom jeweiligen Fixationspunkt, auch einheitlicher reagiert als auf Detailmerkmale, die eine höhere Auflösung (also eine foveale Abbildung) verlangen, um ihre spezifischen Wirkungen zu realisieren (vgl. zum "global superiority effect" Navon, 1977, 1981; Miller, 1981; Pomerantz, 1983; Ward, 1983; Wandmacher & Arend, 1985; Hoffmann & Zießler, 1986).

Nach dieser Argumentation hängt die Effektivität der visuellen Suche wesentlich davon ab, inwieweit für das gesuchte Target (bzw. die Targetklasse) spezifische und relativ globale Reizwirkungen antizipiert werden können, deren Eintreten dann unmittelbar den Blick zu dem Ort lenkt, von dem die antizipierten Reizwirkungen ausgehen. Dies ist nach unserer Spekulation so, weil die Antizipation von Reizwirkungen nicht ein selbständiger mentaler Akt ist, sondern Teil der Vorbereitung einer Blickbewegung im Sinne der Vorwegnahme der Fovealisierung des Targets. Das visuelle System ist quasi bereit, eine bestimmte Reizwirkung zu erzeugen, sobald das Reizangebot dies zuläßt. Dies ist dann der Fall, wenn den antizipierten Reizwirkungen hinreichend ähnliche Wirkungen irgendwo im Blickfeld realisiert werden, so daß der Ort zu dem der Blick gelenkt werden muß, bestimmt werden kann. Targets, für die wir spezifische globale Reizwirkungen antizipieren können, springen uns nach diesen

Überlegungen also deshalb ins Auge, weil unser Blick zu ihnen springt, sobald sie ihre Reizwirkungen realisieren.

Die hier vertretene Auffassung erlaubt eine Reihe von Spekulationen zu Phänomenen der visuellen Suche. Wenn, wie wir annehmen, die Suche nach einem Target durch die Antizipation von targetspezifischen Reizwirkungen eingeleitet wird, dann sollte die Effektivität der "Suche" nach ihm u.a. von folgenden Faktoren mit abhängig sein:

(1) Von der "Leichtigkeit", mit der über der Menge der Displays mit und ohne Target eine Invariante zu finden ist, an die die "Entdeckung" des Target gebunden werden kann. In der Diskussion des Experimentes von Hoffmann & Grosser (1986) haben wir schon darauf hingewiesen, daß globale Invarianten leichter zu finden und zu nutzen sind, als lokale Details. Danach ist zu erwarten, daß immer dann, wenn sich die Displays mit und ohne Target durch ein globales Merkmal unterscheiden, also etwa dadurch, daß Displays ohne Target homogener erscheinen als Displays mit einem Target, dieses globale Merkmal bevorzugt als reaktionsauslösende Invariante abstrahiert und genutzt werden wird. Entsprechende Beobachtungen sind z.B. von Humphreys, Riddoch und Quinlan (1985); Humphreys, Quinlan und Riddoch (1989) und von Duncan und Humphreys (1989) berichtet worden. In den Experimenten wurde die Ähnlichkeit der Distraktoren untereinander und die Regelmäßigkeit der Anordnung der Reize auf dem Display variiert. Immer dann, wenn identische oder einander sehr ähnliche Distraktoren regelmäßig angeordnet dargeboten wurden, so daß ein Display ohne Target einen homogenen Eindruck machte, der durch die Darbietung eines Targets "gestört" wurde, konnte das Phänomen des "ins-Auge-Springens" des gesuchten Targets beobachtet werden. In einigen Bedingungen fallen die Reaktionszeiten auf Displays ohne Target sogar kürzer aus als die Reaktionszeiten zur Entdeckung eines vorhandenen Targets. Die Vpn reagieren in diesen Fällen vermutlich nicht mehr auf das Target, sondern direkt auf die Homogenität/Inhomogenität des dargebotenen Displays: Ein homogenes Display löst die in Bereitschaft stehende Reaktion "Kein Target" aus; ist dagegen das Display nicht homogen, wird die alternative "Target-Reaktion" ausgeführt. D.h., die "Entdeckung" des Targets wird an die Nichtbestätigung einer antizipierten Homogenität gebunden (für vergleichbare Phänomene bei der kontinuierlichen Suche nach Targets in Listen siehe Prinz, 1986). In diesem Zusammenhang kann auch eine andere Beobachtung diskutiert werden: Treisman und Gelade (1980) haben gezeigt, daß ihre Vpn oftmals nicht in der Lage sind, die Lokation der ihnen "ins Auge gesprungenen" Targets nachträglich zu bestimmen. Im Rahmen der Merkmalsintegrationstheorie wird dies als Hinweis darauf interpretiert, daß die kritischen Merkmalsdetektoren (feature maps) keine Information über den Ort vermitteln, von dem aus sie aktiviert werden. Nach den hier angestellten Überlegungen kann die "Lokalisationsunfähigkeit" der Vpn aber auch als Ausdruck einer Reaktion auf globale Displaymerkmale interpretiert werden. Wenn die Entdeckungsreaktion auf die Inhomogenität des Displays hin erfolgte, kann man nicht erwarten, daß das Target nachträglich lokalisierbar ist, da ja weder die Lokation noch die Identität des Targets verhaltensrelevant gewesen sind.

(2) Nach unseren Überlegungen wird die visuelle Suche durch die Antizipation von Reizwirkungen gesteuert, die als invariante Auslösebedingungen für das geforderte targetspezifische Verhalten abstrahiert worden sind. Unter Bedingungen, in denen nicht wie eben besprochen, globale "Situationsmerkmale" allein ausreichend sind, um verlässlich das geforderte Verhalten kontrollieren zu können, wird es sich dabei um targetspezifische Invarianten handeln. Jede Reizwirkung, die dieser targetspezifischen Antizipation auch nur teilweise entspricht, wird in der Folge den Blick auf sich lenken, natürlich auch dann, wenn die Reizwirkung nicht vom gesuchten Target, sondern von einem Distraktor ausgeht. Distraktoren, die den Targets ähnlich sind, lenken nach dieser Überlegung die Aufmerksamkeit vom Target ab und verzögern so seine Entdeckung. Der Einfluß der Ähnlichkeit zwischen Targets und Distraktoren auf die Effizienz der visuellen Suche ist durch viele experimentelle Beobachtungen belegt. Schon in den frühen Untersuchungen Neisser's (1963) wurde gezeigt, daß etwa ein runder Buchstabe wie G leichter im Kontext von eckigen (L, N, ...) als von ebenfalls runden Buchstaben (O, C, ...) gefunden werden kann. Der Buchstabe B wird leichter unter K's als unter den ähnlicheren R's (Bjork & Murray, 1977) und ein + leichter als ein L unter T's (Bergen & Julesz, 1983) entdeckt usw. In all diesen Fällen vermindert die Ähnlichkeit zwischen den Distraktoren und den Targets die Effektivität der Suche (vgl. für einen Überblick etwa Duncan & Humphreys, 1989). Für unsere Argumentation wichtig zu zeigen wäre allerdings, daß es weniger auf die Ähnlichkeit der Distraktoren zu den Targets als zu den targetspezifischen Antizipationen ankommt. Eine Beobachtung von Pashler (1987) betont diese Unterscheidung. Die Vpn suchten nach den Buchstaben G oder E unter den Distraktoren X und N, die beide keine Ähnlichkeit zu keinem der Targets aufwiesen. In einigen Displays wurden jedoch entweder der Buchstabe G, ähnlich dem Target C, oder der Buchstabe F, ähnlich dem Target E, als zusätzliche Distraktoren verwendet. Es zeigt sich, daß die zusätzlichen Distraktoren auch dann die Entdeckung des Targets verzögern, wenn sie ihm nicht ähnlich sind. So verzögert etwa der Distraktor F nicht nur die Entdeckung des ihm ähnlichen Targets E sondern auch die Entdeckung des Targets C. Entscheidend für die verzögernde Wirkung des Distraktors ist also nicht seine Ähnlichkeit zum gegebenen Target, sondern seine Ähnlichkeit zu den insgesamt möglichen, von der Vp erwarteten, antizipierten Targets. Die Beobachtung unterstützt somit die Auffassung von der Kontrolle der Targetsuche durch eine Antizipation der von ihnen ausgehenden Reizwirkungen.

(3) Da wir annehmen, daß die Suche nach einem Target durch die Antizipation von Invarianten kontrolliert wird, die als Auslösebedingungen für das targetspezifische Verhalten abstrahiert worden sind, sollte auch die Art des gefordertern Verhaltens Einfluß auf die Effektivität der Suche haben. Ein wesentlicher Unterschied im geforderten Verhalten besteht etwa darin, ob lediglich das Vorhandensein eines Targets im Display oder auch seine Identität festgestellt werden muß. Kahnemann, Treisman und Burkell (1983) sind dem Einfluß einer solchen Variation auf die Effektivität der Suche nachgegangen. In ihrem Experiment wurde als Target ein weißes Wort unter Ketten von farbigen Symbolen als Distraktoren angeboten. Einmal hatten die Vpn lediglich zu ent-

scheiden, ob ein dargebotenes Display ein Target enthält oder nicht (Entdeckung), ein anderes Mal war das Targetwort auch zu identifizieren (Identifikation). Die Effektivität der Targetsuche, gemessen am Anstieg der Suchzeiten über der Anzahl der Distraktoren, war unter der Entdeckungsanforderung sehr viel größer als unter der Identifikationsanforderung. Dies ist nach unseren Überlegungen auch zu erwarten, da ja die Suche nach dem Target durch die jeweils verhaltensrelevanten Merkmale kontrolliert werden sollte: Bei geforderter Entdeckung also durch eine weiße unter sonst farbigen Zeichenketten und damit durch ein globales Merkmal, bei geforderter Identifikation durch ein Wort unter sonst sinnlosen Zeichenketten, was nur durch eine Detailanalyse der inneren Struktur der Zeichenketten festgestellt werden kann. Obwohl stets die gleichen Displays verwendet werden, suchen die Vpn vermutlich jeweils nach verschiedenen Targets, einmal nach einer weißen Zeichenkette, das andere Mal nach einem Wort. Duncan (1985) spricht in diesem Sinne von einer Veränderung der funktionellen Targetmerkmale (*functional defining attributes*) durch die Art der geforderten Reaktion und er untermauert diese Interpretation mit Daten aus einem Transferexperiment. Es überrascht an diesem Resultat, daß die Vpn bei der Identifikationsanforderung offensichtlich keinen Gebrauch von dem "Farbmerkmal" machen, das ihnen ja helfen würde, das Target schnell und sicher zu lokalisieren, das sie ja dann, in einem zweiten Schritt, immer noch auf seine Worthaftigkeit hin untersuchen könnten. Verhindert hier die Konzentration auf die verhaltensrelevanten Merkmale (Worthaftigkeit) die Abstraktion und Nutzung eines viel effektiveren Merkmals (Farbe) zum Auffinden des Targets? Wir stoßen hier auf eine m.E. hoch interessante Fragestellung, die auf die möglichen Kosten der Einschränkung der Wahrnehmung auf einmal gelernte verhaltensrelevante Reizaspekte aufmerksam macht: Möglichkeiten der Effektivierung des Verhaltens durch seine Orientierung an anderen als den gewohnten Merkmalen der Umgebung werden leicht übersehen, obwohl sie, wie in den hier zitierten Untersuchungen, mit dem geforderten Verhalten ganz offensichtlich kovariieren. Die Gesetzmäßigkeiten einer solchen "Blockierung" der lernabhängigen Effektivierung menschlichen Verhaltens sind noch ungenügend untersucht.

Wir wollen an dieser Stelle die Diskussion von Interpretationsmöglichkeiten, die sich aus dem hier vorgeschlagenem Erklärungsrahmen ergeben, abbrechen. Es sollte deutlich gemacht werden, daß eine Bezugsetzung der Phänomene der visuellen Suche zu Mechanismen der Antizipation verhaltenssteuernder Reizwirkungen Möglichkeiten zur integrierenden Interpretation einer Vielzahl experimenteller Phänomene bietet, die auch solche Beobachtungen umfasst, die bislang wenig Beachtung gefunden haben, wie etwa Wirkungen der Displayhomogenität, der Ähnlichkeit der Distraktoren zu nicht dargebotenen aber möglichen Targets und den Einfluß des geforderten Verhaltens auf die Targetsuche. Darüber hinaus regt der hier vorgeschlagene Erklärungsrahmen Fragestellungen an, die bislang kaum verfolgt worden sind. Er betont vor allem die Lernabhängigkeit bei der Herausbildung der die Suche leitenden (verhaltenssteuernden) Antizipationen und damit auch deren jeweilige Anpassung an die konkreten experimentellen Bedingungen. Bis auf wenige Ausnah-

men (z.B. Schneider & Shiffrin, 1977; Hoffmann & Grosser, 1986; Prinz, 1986) ist die lernabhängige Effektivierung der visuellen Suche jedoch kein Gegenstand der experimentellen Forschung. Es scheint mir hier vor allem interessant, zu fragen, welche Bedingungen die Herausbildung target- bzw. klassenspezifischer Invarianten fördern, welche Lernmechanismen die Abstraktion solcher Invarianten aus der Verhaltenserfahrung vermitteln und welche möglicherweise prinzipiellen Grenzen für die Abstraktion von Invarianten durch die funktionelle Architektur unseres Nervensystems gegeben sind.

6. Lokationsspezifische Objekterwartungen

Wir haben uns bislang mit der Konzentration der Aufmerksamkeit auf einen Ort, ohne Berücksichtigung der von diesem Ort ausgehenden Reizwirkungen und mit der Konzentration der Aufmerksamkeit auf eine spezifische Reizwirkung, ohne Berücksichtigung des Ortes, von dem sie ausgeht, beschäftigt. Unter natürlichen Bedingungen sind spezifische Reizwirkungen oftmals an spezifische Orte gebunden. Bei einer Verkehrsampel ist das grüne Licht immer unten zu sehen, die Klinke einer Tür befindet sich gewöhnlich in mittlerer Höhe, und man kann erwarten, daß die Wasserhähne über und nicht neben dem Waschbecken montiert sind usw. In Tausenden von uns vertrauten Kontexten haben viele Dinge einen festen relativen Ort. Wenn wir in diesen Kontexten unsere Blicke bewegen, dann führt die Fixation bestimmter relativer Orte immer wieder zu gleichen oder doch zumindest ähnlichen Reizwirkungen.

Obwohl die Bedeutung dieser Gebundenheit von Teilen an feste Orte innerhalb des Ganzen, zu dem sie gehören, für die Sicherheit, mit der wir handeln auf der Hand liegt, ist der Einfluß dieses Zusammenhangs auf die Selektivität unserer Wahrnehmung bislang kaum untersucht worden. In experimentellen Anordnungen werden die Vpn in der Regel mit Reizbedingungen konfrontiert, in denen man mit großer Sorgfalt den Zufall walten läßt. Unsere Umwelt jedoch wird nicht durch den Zufall regiert. Vieles in ihr hängt gesetzmäßig zusammen und die wesentliche Leistung menschlicher Kognition besteht wohl im Erkennen dieser Zusammenhänge und in ihrer Berücksichtigung im Verhalten. Die Reaktion auf einen unvorhersehbaren Reiz im unvertrauten Kontext einer künstlichen Experimentieranordnung ist also wenig repräsentativ für ein Verhalten, das in einer Umwelt stattfindet, deren Eigenschaften weitgehend prädiktiert werden können. Welchen Einfluß hat also, so läßt sich die Frage formulieren, die Gebundenheit bestimmter Reize an bestimmte Orte in bestimmten Kontexten auf die Wahrnehmung dieser Reize.

Die wenigen mir bekannten Versuche einer experimentellen Behandlung dieser Frage sind von Lambert (1987), Lambert und Hockey (1986) und Miller (1988) berichtet worden. Im Experiment 2 von Lambert und Hockey (1986) hatten die Vpn bspw. so schnell wie möglich zu entscheiden, ob eine auf einem Bildschirm dargestellte Ellipse oder ein Rhombus mit der Hauptachse waagerecht oder senkrecht ausgerichtet waren. Die Reize wurden rechts und

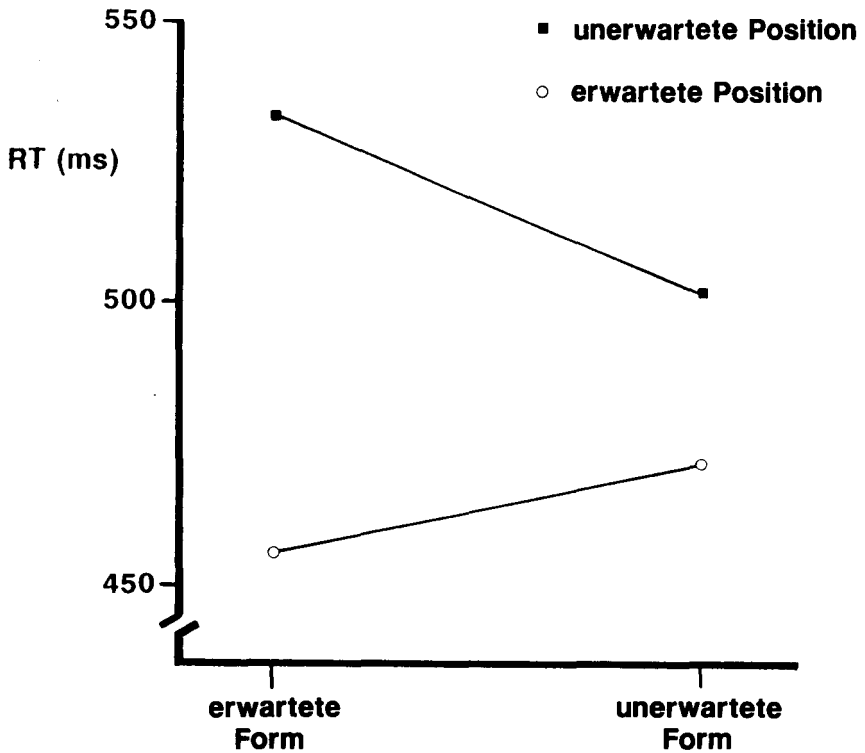


Abb. 4: Zur Veranschaulichung von Ergebnissen eines Experimentes von Lambert & Hockey, 1986 (Experiment 2).

links von einem Fixationspunkt dargeboten. Vor jeder Reizdarbietung erhielten die Vpn einen Hinweis darauf, ob der nächste Reiz rechts oder links zu erwarten ist. Wie in den zitierten Untersuchungen von Posner Snyder und Davidson (1980) folgt die Darbietung dem Hinweis in nur 80% aller Fälle. Die Lokation des Reizes konnte also nicht mit Sicherheit bestimmt, aber mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit antizipiert werden. Zusätzlich wird nun die folgende Bedingung eingeführt: Über den gesamten Versuch hinweg wurde die Form des Reizes (Ellipse oder Rhombus) mit seiner Darbietungsposition (rechts oder links) kovariert. So wurde bspw. rechts vom Fixationspunkt in 80% aller Fälle eine Ellipse dargeboten und links vom Fixationspunkt in 80% aller Fälle ein Rhombus. Erhält man bei diesen Gegebenheiten den Hinweis, daß der nächste Reiz rechts vom Fixationspunkt dargeboten werden wird, dann können, vorausgesetzt die Kovariation von Position und Reizform ist erfahren worden, zwei verschiedene Erwartungen gebildet werden: Erstens die Erwartung,

daß der Reiz rechts vom Fixationspunkt dargeboten werden wird und zweitens die Erwartung, daß es sich um eine Ellipse handeln wird. Die Erwartung der Darbietungslokation sollte nach der "Spotlight-Theorie" zu einer Beschleunigung der Reaktion auf alle Reize führen, die an dem erwarteten Ort dargeboten werden, und die Erwartung einer bestimmten Form sollte im Sinne einer Effektivierung der visuellen Suche nach ihr zu einer Beschleunigung der Reaktion auf diese Reizform führen, unabhängig von ihrer Darbietungsposition. Die wesentlichen Daten veranschaulicht die Abbildung 4.

Die Reaktionen erfolgen schneller auf Reize, die an der erwarteten Position dargeboten werden als auf Reize, die an der unerwarteten Position dargeboten werden. Es ist aber keineswegs so, daß auch auf die erwartete Form stets schneller reagiert wird als auf die unerwartete Form. Der Formfaktor tritt vielmehr in eine Wechselwirkung mit dem Positionsfaktor, die man wohl am besten dahingehend beschreibt, daß die Vpn jeweils auf diejenige Reizform schneller reagieren, die sie an der jeweiligen Darbietungsposition überwiegend erleben. Interpretiert man die schnellere Reaktion als Ausdruck einer selektiv verbesserten Wahrnehmung der jeweiligen Form am jeweiligen Ort, dann weisen diese Resultate darauf hin, daß die Selektivität der Wahrnehmung an den Ort gebunden ist, an dem die Wahrnehmung gemacht wird. Miller (1988) berichtet vergleichbare Ergebnisse. In einem seiner Experimente (Experiment 2) hatten die Vpn einen von zwei Target-Buchstaben in einer Sequenz von vier dargebotenen Buchstaben zu entdecken. Einer der beiden Targets wurde auf allen vier möglichen Positionen gleich häufig dargeboten (innerhalb eines Blockes 10:10:10:10), der andere Target wurde an einer der Positionen 17mal häufiger dargeboten als an den verbleibenden drei anderen Positionen (innerhalb eines Blockes 34:2:2:2). Die Vpn reagierten auf Targets an der insgesamt bevorzugt verwendeten Darbietungsposition (44:12) im Mittel um etwa 75 ms schneller als auf Targets an anderen Positionen aber sie reagierten an den jeweiligen Positionen selektiv jeweils schneller auf dasjenige Target, das dort auch relativ häufiger erlebt worden ist.

Die Resultate sind im Rahmen einer "Spotlight-Theorie" nicht zu erklären. Sie weisen ja darauf hin, daß der "Spot" der mentalen Aufmerksamkeit teilbar sein muß und zwar so, daß er für verschiedene Lokationen die Verarbeitung jeweils anderer Reizstrukturen fördert. Die der Spotlight-Metapher zugrunde liegende Annahme einer unspezifischen Verbesserung der Wahrnehmung von Reizen an jeweils einem ausgewählten Ort bietet für die Erklärung von Wechselwirkungen zwischen Reizqualität und Darbietungsort keinen Ansatzpunkt (vgl. dazu auch die Diskussionen und weiteren Experimente bei den oben angegebenen Autoren). Betrachtet man jedoch die Phänomene der selektiven Wahrnehmung aus der hier vertretenen Perspektive, d.h. als Ausdruck verhaltenssteuernder Antizipationen, dann ist geradezu zu erwarten, daß in Situationen, in denen bestimmte Reize an bestimmten Orten immer wieder fixiert und beantwortet werden müssen, der Blick zu diesen Orten mit einer Antizipation der dort zu erwartenden Reize einhergeht. Blickbewegungen und Reizerwartungen werden nicht als unabhängig voneinander betrachtet. In einem visuellen Kontext, in dem die Blickbewegungen mit den Reizstrukturen, die sie

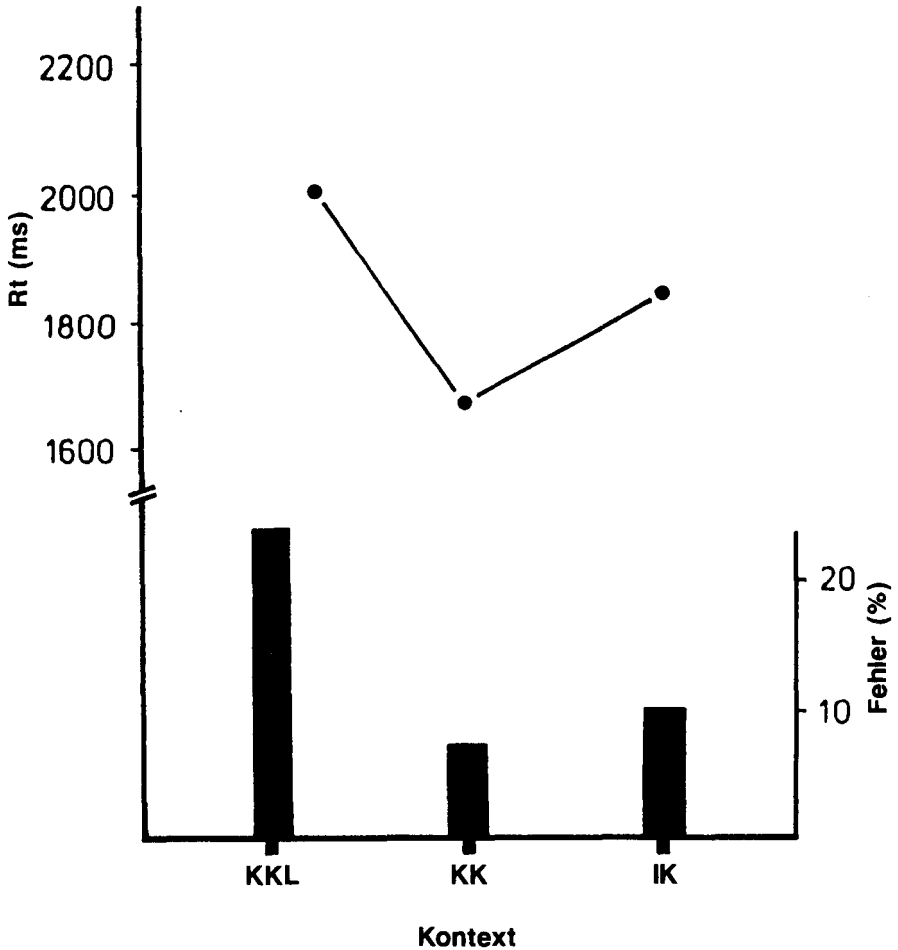


Abb. 5: Zur Veranschaulichung experimenteller Ergebnisse von Hoffmann & Klein (1988). Dargestellt sind mittlere Suchzeiten und Fehler bei der Suche nach Objekten, die in einem inkongruenten Kontext (IK), in einem kongruenten Kontext am üblichen Ort (KK) und in einem kongruenten Kontext an einem unüblichen Ort (KKL) dargeboten wurden.

hervorbringen, korreliert sind, werden Blickbewegungen zu bestimmten Orten mit Erwartungen für die Reize verbunden, die gewöhnlich an diesen Orten wahrgenommen werden und umgekehrt führen auch spezifische Reizerwartungen zu Blickbewegungen oder wenigstens Blickintentionen zu den Orten, von denen die erwarteten Reizwirkungen gewöhnlich ausgehen. Innerhalb der

geschilderten experimentellen Bedingungen führt ein Hinweis auf die zu erwartende Darbietungsposition zur Intention, den Blick auf den entsprechenden Ort zu richten und damit zur Antizipation der dort zu erwartenden Reizwirkung. Wird der Reiz an einer anderen Position dargeboten, muß die Blickintention geändert werden und mit ihr ändern sich die Antizipationen für die nun am neuen Ort zu erwartenden Reizwirkungen entsprechend den gemachten Erfahrungen. Die "Aufmerksamkeit" kann immer nur auf einen spezifischen Ort gerichtet sein, da Blickintentionen immer nur auf einen Ort zielen können. Mit dem Wechsel von Blickintentionen wechseln jedoch auch die Erwartungen über die herzustellenden Reizwirkungen, wenn die Bedingungen es erlauben, solche Erwartungen auszubilden. Die Unteilbarkeit des "Spot" kann so mit seiner selektiven Bereitschaft zur Verarbeitung spezifischer Reize an spezifischen Orten verbunden werden. Die von den genannten Autoren berichteten und hier nur ausschnittsweise referierten Daten stimmen mit diesen Überlegungen überein.

Dieser vermutete Zusammenhang zwischen Blickbewegung und Reizerwartung, der sich hier unter den streng kontrollierbaren Bedingungen einer künstlichen Reizsituation andeutet, gilt vermutlich noch weit stärker unter den natürlichen Bedingungen von visuellen Kontexten, die uns ein Leben lang begleiten. Hoffmann & Klein (1988) haben etwa Experimente berichtet, in denen die Vpn in Zeichnungen von vertrauten Kontexten Objekte zu suchen hatten. Die Objekte waren einmal in einem kongruenten Kontext zu suchen, ein anderes Mal in einem inkongruenten Kontext. So war bspw. in der Zeichnung eines Badezimmers eine Zahnbürste zu suchen (kongruenter Kontext), oder die Zahnbürste war auf der Zeichnung eines Bauplatzes zu suchen (inkongruenter Kontext). Es wird niemanden verwundern, daß die Objekte in den kongruenten Kontexten schneller gefunden werden als in den inkongruenten Kontexten (vgl. z.B. auch Palmer, 1975; Biederman, Glass & Stacy, 1973; Gerling, 1979; Reinert, 1985). Dieser Kongruenzvorteil geht jedoch mehr als verloren, wenn die zu suchenden Objekte in ihren kongruenten Kontexten nicht mehr an den "üblichen" Orten lokalisiert sind (vgl. auch Meyers & Rhoades, 1978), wenn etwa die Zahnbürste nicht länger im Wasserglas auf der Konsole über dem Waschbecken zu finden ist, sondern auf dem Toilettenbecken (vgl. Abb. 5).

Der wesentliche Faktor, so kann man schlußfolgern, der die Suche nach einem Objekt im kongruenten Kontext beschleunigt, ist die Lenkung des Blickes zu den Orten, an denen gewöhnlich das Gesuchte zu finden ist. Die Antizipation des gesuchten Objektes, die anschauliche Vorstellung seiner Reizwirkungen, lenkt den Blick zu den Orten im gegebenen Kontext, an denen eben diese Reizwirkungen bei der Ausführung von Handlungen in der Vergangenheit bevorzugt erlebt worden sind (vgl. auch Reinert, 1985). Diese Orte sind immer nur relativ bestimmt. Es sind Orte in einem bestimmten Kontext, einem visuellen Referenzrahmen, der durch vermutlich globale Invarianten der jeweiligen Situationen gebildet wird (Antes & Mann, 1984). Das visuelle System muß diese globalen Referenzrahmen erst erfassen, bevor der Blick zu den entsprechenden relativen Lokationen gelenkt werden kann. Dies kann, wie eine Reihe von Beobachtungen zeigt, außerordentlich schnell, sozusagen auf den ersten Blick

geschehen. Es reicht bspw. aus, Bilder von komplexen Szenen für 20 ms oder 30 ms darzubieten, um schon Kontexteffekte beobachten zu können (Biederman, Glass & Stacy, 1973; Biederman, Rabinowitz, Glass & Stacy, 1974; Metzger & Antes, 1983). Die auf den ersten Blick identifizierten Referenzrahmen liefern die Ausgangsbedingungen für die nun gezielte Erzeugung von spezifischen Reizwirkungen durch Blickbewegungen zu den (relativen) Lokationen, an denen entsprechende Reizwirkungen in der Vergangenheit erfahren worden sind. Eine Funktion der immer wieder beobachteten schnelleren Verarbeitung globaler Reizwirkungen gegenüber lokalen Reizwirkungen (global superiority) kann also darin gesehen werden, die Identifikation von Referenzrahmen zu fördern, die dann als Ausgangsbedingungen die gezielte Erzeugung von visuellen Details durch die Fovealisierung von Teilstrukturen im gegebenen Rahmen ermöglichen. Wie sich solche Referenzrahmen für die Kalkulation von Verhaltenswirkungen herausbilden, wie sie strukturiert und untereinander verbunden sind, welche Bedingungen ihre Herausbildung fördern und welche sie hemmen, all dies ist noch relativ wenig untersucht, obwohl es für das Verständnis der Selektivität unserer Wahrnehmung von grundlegender Bedeutung sein dürfte.

7. Zusammenfassung und Ausblick

Wir haben drei Phänomene der selektiven Aufmerksamkeit bei der visuellen Wahrnehmung diskutiert und dabei jeweils versucht, sie als Ausdruck von verhaltenssteuernden Antizipationen zu verstehen. Nach den, unserer Diskussion zugrunde gelegten Überlegungen, entspricht die Konzentration der visuellen Aufmerksamkeit auf einen Ort der Antizipation einer Fovealisierung dieses Ortes durch einen Blickwechsel zu ihm. Die Konzentration der Aufmerksamkeit auf ein bestimmtes Objekt entspricht der Antizipation der von ihm ausgehenden Reizwirkungen und damit der Vorbereitung einer Blickbewegung zu seiner Fovealisierung. Beide Antizipationsmechanismen ergänzen sich vermutlich. Wenn ein Kontext existiert, in dem an einem bestimmten Ort immer wieder ein bestimmtes Objekt, ein bestimmtes Detail wahrgenommen werden kann; dann ist der Blick zu diesem Ort verbunden mit der Antizipation der dort zu erwartenden Reizwirkungen und die Antizipation der Reizwirkungen des Objektes führt zur Intention, zu dem Ort zu blicken, an dem das Objekt so häufig wahrgenommen wurde. Die berichteten Daten stehen zu unseren Spekulationen nicht im Widerspruch, sie belegen sie aber auch nicht. Gezeigt werden muß noch, daß die vielfach beobachtbaren selektiven Verarbeitungsvorteile für bestimmte Reize tatsächlich auf einer Antizipation ihrer Wirkungen beruht und es muß geklärt werden, durch welche Mechanismen Antizipationen zu verbesserten Verarbeitungsleistungen führen. Dies muß zukünftigen Experimenten vorbehalten bleiben. Hier kam es mir darauf an, zu zeigen, daß eine Betrachtung von Phänomenen der selektiven Aufmerksamkeit unter dem Gesichtspunkt ihrer Funktion in der Verhaltenskontrolle einen Erklärungsrahmen aufspannt, der die Vielfalt der Phänomene zu integrieren erlaubt und gleichzeitig neuartige Fragestellungen anregt.

Der Grundgedanke, daß die Selektivität der Wahrnehmung auf verhaltenssteuernden Antizipationen beruht ist hier am Beispiel von Phänomenen der visuellen Aufmerksamkeit exemplifiziert worden. Dies ist der Grund dafür, daß fast ausschließlich von Antizipationen im Zusammenhang mit willkürlichen Augenbewegungen gesprochen wurde. Aber Augenbewegungen stehen im Dienste übergeordneter Verhaltensintentionen und so sollte das Prinzip der antizipativen Verhaltenskontrolle für alle zielgerichteten Verhaltensakte und für alle Sinnesgebiete gelten. Wer bspw. schon einmal eine Rolltreppe betreten hat, die wider Erwarten mit dem Betreten nicht anrollt, kennt die "Überraschung in den Beinen", die unmittelbar eintritt. Beispiele wie dieses lassen sich beliebig finden. Sie machen darauf aufmerksam, daß mit vertrauten Handlungen in vertrauten Kontexten Erwartungen über die mit den Handlungen einhergehenden Wahrnehmungen verbunden sind, die uns erst dann auffallen, wenn sie nicht erfüllt werden. Wahrnehmungen beginnen in der Regel also nicht mit dem Einwirken eines Reizes, sie beginnen mit Antizipationen von Reizwirkungen im Zusammenhang mit der Vorbereitung und Ausführung eines Verhaltens zum Erreichen eines Zieles.

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß Antizipationen erlernt werden müssen. Ein bestimmtes Verhalten muß erst einmal erfolgreich ausgeführt sein, bevor erkennbar wird, welche Reizwirkungen seine erfolgreiche Ausführung begleiten, welche Ausgangszustände gegeben sein müssen, um welche Konsequenzen erwarten zu können. Die Gesetzmäßigkeiten, nach denen die Prozesse organisiert sind, die uns diese Zusammenhänge lernen lassen, sind noch unbekannt. Wir lernen sie, wie einige Berichte zeigen, offensichtlich auch ohne bewußte Intention zum Lernen und verwenden das Gelernte zur Kontrolle unseres Verhaltens, ohne darüber berichten zu können (z.B. Reber, 1989; Lewicki, Czyzewska & Hoffman, 1987; Lewicki, Hill & Bizot, 1988; Lüer, Ruhlender, Klettke & Lass, 1989). Sicher wird jede Art von "Vorwissen" über mögliche Zusammenhänge zwischen dem Verhalten und den mit ihm verbundenen Wahrnehmungen das Erlernen solcher Zusammenhänge erleichtern, vorausgesetzt, sie sind tatsächlich gegeben. Eine wichtige Rolle spielt dabei vermutlich das Wissen um den Reizbereich, in dem die für eine optimale Steuerung des Verhaltens wichtigen Invarianten zu finden sind. Wenn wir bei der Ausführung eines bestimmten Verhaltens von vornherein dort nach verhaltenssteuernden Invarianten "suchen", wo sie auch zu finden sind, dann wird dies den Lernprozess natürlich fördern. Vielleicht ist ein Teil solchen "Vorwissens" über die für bestimmte Verhaltensweisen bevorzugt zu beachtenden Reiz- oder Sinnesbereiche evolutionär erworben worden und bereits in der Struktur der neuronalen Verbindungen zwischen Motorik und Sensorik im Sinne von "privilegierten Verbindungen" (privileged loops) niedergelegt (McLeod & Posner, 1984). Andererseits kann eine Abstraktion nicht optimaler aber eben hinreichender Invarianten einer Leistungsverbesserung unüberwindbare Grenzen setzen, da jede Erfahrung nur zu einer weiteren Verfestigung der suboptimalen Verhaltenssteuerung führt, solange nicht der Bereich der sensorischen Rückmeldungen, an denen sich das Verhalten orientiert, geändert wird. Vermutlich lassen sich manche Formen pathologischen Verhaltens als Berücksichtigung

“falscher” aber eben real existierender Invarianten erklären. Den hier ange-deuteten Spekulationen zum Erlernen verhaltenssteuernder Antizipationen fehlt noch jede empirische Basis. Es fehlen vor allem systematische Untersuchungen zur lernabhängigen Anpassung der Verhaltenssteuerung an unterschiedliche strukturelle Eigenschaften der Umgebung. Erst auf der Grundlage der bei solchen Untersuchungen zu machenden Beobachtungen wird es möglich sein, präzisere Annahmen über die Lernmechanismen zu entwickeln, die eine ständige Anpassung der antizipatorischen Verhaltenskontrolle an die Eigenschaften der Umwelt vermitteln.

Das Thema dieses Buches ist der Zusammenhang von Konzentration und Leistung. Unter Konzentration läßt sich die andauernde Bereitschaft zur Ausführung eines bestimmten Verhaltens verstehen. Bereitschaft für ein bestimmtes Verhalten beinhaltet nach dem hier vertretenen Standpunkt auch die Antizipation der das Verhalten invariant begleitenden Reizwirkungen. Wenn die nicht gelernt sind, kann man sich kaum konzentrieren, weil man nicht “weiß”, worauf die Aufmerksamkeit gerichtet werden soll. Die Leistung wird dementsprechend relativ schlecht ausfallen, weil das Verhalten sich nicht an den für seine optimale Steuerung notwendig zu berücksichtigenden Reizbedingungen orientiert. Umgekehrt konzentriert man seine Aufmerksamkeit wie von selbst auf die relevanten Reizwirkungen, wenn das auszuführende Verhalten hinreichend beherrscht wird, vorausgesetzt, es besteht tatsächlich die Absicht, es auszuführen. Die Kenntnis von Gesetzmäßigkeiten, nach denen verhaltenssteuernde Antizipationen im Resultat von Verhaltenserfahrung erworben werden, sollte also auch helfen können, konzentriertes Verhalten dort zu fördern, wo die zu erbringende Leistung erst dann erreicht wird, wenn der funktionale Zusammenhang zwischen der Aktion und den mit ihr invariant einhergehenden Reizveränderungen, zwischen dem Handelnden und seiner Umgebung geschlossen ist.

Literatur

- Allport, A. (1987). Selection for action: Some behavioral and neurophysiological considerations of attention and action. In H. Heuer & A.F. Sanders (Hrsg.), *Perspectives on perception and action*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Allport, D.A., Antonis, B., & Reynolds, P. (1972). On the division of attention: A disproof of the single channel hypothesis. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 24, 225–235.
- Antes, J.R. & Mann, S.W. (1984). Global/local precedence in picture processing. *Psychological Research*, 46, 247–259.
- Bergen, J.R. & Julesz, B. (1983). Parallel versus serial processing in rapid pattern discrimination. *Nature*, 303, 696–698.
- Biederman, I. (1987). Recognition-by-components: A theory of human image understanding. *Psychological Review*, 94, 115–145.
- Biederman, I., Glass, A.L., & Stacy, E.W. (1973). Scanning for objects in real world scenes. *Journal of Experimental Psychology*, 97, 22–27.
- Biederman, I., Rabinowitz, J.L., Glass, A.L., & Stacy, E.W. (1974). On the information extracted from a glance at a scene. *Journal of Experimental Psychology*, 103, 596–600.
- Bjork, E.J. & Murray, J.T. (1977). On the nature of input channels in visual processing. *Psychological Review*, 84, 472–484.
- Bosshardt, H.G. (1975). The influence of visual and auditory images on visual and auditory word identification. *Psychological Research*, 38, 1–22.
- Broadbent, D.E. (1958). *Perception and communication*. Oxford: Pergamon Press.
- Cherry, E.C. (1953). Some experiments on the recognition of speech with one and with two ears. *Journal of the Acoustic Society of America*, 25, 75–79.
- Cohen, A.S. (1984). Einflußgrößen auf das nutzbare Sehfeld. *Bericht zum Forschungsprojekt 8005 der BAST*, 100.
- Corteen, R.S. & Wood, B. (1972). Autonomic responses to shock-associated words in an unattended channel. *Journal of Experimental Psychology*, 94, 308–313.
- Dawson, M.E. & Schell, A.M. (1982). Electrodermal responses to attended and non attended significant stimuli during dichotic listening. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8, 315–324.
- Deutsch, J.A. & Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*, 70, 80–90.
- Dewey, J. (1896). The reflex arch concept in psychology. *Psychological Review*, 3, 357–370.
- Dörner, D. (1989). Die kleinen grünen Schildkröten und die Methoden der experimentellen Psychologie. *Sprache & Kognition*, 8, 86–97.
- Dörner, D., Schaub, H., Stäudel, Th. & Strohschneider, S. (1988). Ein System zur Handlungsregulation oder: Die Interaktion von Emotion, Kognition und Motivation. *Sprache & Kognition*, 7, 217–232.
- Duncan, J. (1985). Visual search and visual attention. In M. Posner & O.S. Marin, (Hrsg.), *Attention and performance*, XI. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Duncan, J. & Humphreys, G.W. (1989). Visual search and stimulus similarity. *Psychological Review*, 96, 433–458.
- Egeth, H. (1977). Attention and preattention. In G.H. Bower (Hrsg.). *The psychology of learning and motivation*, Vol.7. New York: Academic Press.
- Egeth, H., Jonides, J., & Wall, S. (1972). Parallel processing of multielement displays. *Cognitive Psychology*, 3, 674–698.
- Ennenbach, W. (1989). *Bild und Mitbewegung*. Köln: bps.

- Francolini, C.M. & Egeth, H. (1980). On the nonautomaticity of "automatic" activation: Evidence of selective seeing. *Perception & Psychophysics*, 27, 331–342.
- Galley, N. (1990). *Von Augen-Blick zu Augen-Blick*. Habilitationsschrift. Psychologisches Institut der Universität Köln.
- Gerling, M. (1979). Kontexteffekte beim Identifizieren von Bildern: Kongruenz vs. Inkongruenz. *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 26, 541–560.
- Gibson, J.J. (1960). The concept of the stimulus in psychology. *American Psychologist*, 15, 694–703.
- Gibson, J.J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton.
- Hein, A. & Held, R. (1967). Dissociation of the visual placing response into elicited and guided components. *Science*, 158, 390–391.
- Helmholtz, H.v. (1866). *Handbuch der physiologischen Optik*. Leipzig: Voss.
- Heuer, H. (1989). Psychomotorik. In Spada, H. (Hrsg.), *Lehrbuch der Allgemeinen Psychologie*. Bern: Huber.
- Heuer, H. & Sanders, A.F. (Hrsg.) (1987). *Perspectives on perception and action*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Hoffmann, J.E. (1986). Spatial attention in vision. *Psychological Research*, 48, 221–229.
- Hoffmann, J. (1987). Semantic control of selective attention. *Psychological Research*, 49, 123–129.
- Hoffmann, J. (1988). Wird Wissen in Begriffen repräsentiert? *Sprache & Kognition*, 7, 193–204.
- Hoffmann, J. (1990). Über die Integration von Wissen in die Verhaltenssteuerung. *Schweizerische Zeitschrift für Psychologie*, (im Druck).
- Hoffmann, J. & Grosser, U. (1985). Automatismen bei der begrifflichen Identifikation. *Sprache & Kognition*, 4, 28–48.
- Hoffmann, J. & Grosser, U. (1986). Die lernabhängige Automatisierung begrifflicher Identifikationen. *Sprache & Kognition*, 5, 27–41.
- Hoffmann, J. & Klein, R. (1988). Kontexteffekte bei der Benennung und Entdeckung von Objekten. *Sprache & Kognition*, 7, 25–39.
- Hoffmann, J. & Zießler, M. (1986). The integration of visual and functional classifications in concept formation. *Psychological Research*, 48, 69–78.
- Hofsten, C.v. (1989). Transition mechanisms in sensori-motor development. In A. de Ribaudiere (Hrsg.), *Transition mechanisms in child development - a longitudinal perspective*. Cambridge: University Press.
- Humphreys, G.W., Riddoch, M.J., & Quinlan, P.T. (1985). Interactive processes in perceptual organization: Evidence from visual agnosia. In M. Posner & O.S. Marin (Hrsg.), *Attention and performance*, XI. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Humphreys, G.W., Quinlan, P.T., & Riddoch, M.J. (1989). Grouping processes in visual search: Effects with single- and combined-feature targets. *Journal of Experimental Psychology: General*, 118, 258–279.
- James, W. (1890). *The principles of psychology*. New York: Dover.
- Johnston, W.A. & Heinz, S.P. (1978). Flexibility and capacity demands of attention. *Journal of Experimental Psychology: General*, 107, 420–435.
- Johnston, W.A. & Heinz, S.P. (1979). Depth and nontarget processing in an attention task. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 5, 168–175.
- Johnston, W.A. und Dark, V.J. (1986). Selective attention. *Annual Review of Psychology*, 37, 43–75.
- Julesz, B. (1981). Textons, the elements of texture perception and their interactions. *Nature*, 290, 91–97.
- Kahnemann, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

- Kahnemann, D. & Treisman, A.M. (1984). Changing views of attention and automaticity. In Parasuraman, R. & Davies, R. (Hrsg.), *Varieties of attention*. New York: Academic Press.
- Kahnemann, D., Treisman, A.M., & Burkell, J. (1983). The cost of visual filtering. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9, 510–522.
- LaBerge, D. (1983). Spatial extent of attention to letters and words. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9, 371–379.
- Lambert, A.J. (1985). Selectivity and stages of processing – an enduring controversy in attentional theory: A review. *Current Psychological Research & Reviews*, 4, 239–256.
- Lambert, A.J. (1987). Expecting different categories at different locations and spatial selective attention. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 39A, 61–76.
- Lambert, A.J. & Hockey, R. (1986). Selective attention and performance with a multidimensional visual display. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 12, 484–495.
- Leist, K.-H. (1989). Basic problems of motor learning (theory): Illusions about reality and reality of illusions. In H. Eberspächer & D. Hackfort (Hrsg.), *ASP Bericht*.
- Lewicki, P., Czyzewska, M., & Hoffman, H. (1987). Unconscious acquisition of complex procedural knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 523–530.
- Lewicki, P., Hill, T., & Bizot, E. (1988). Acquisition of procedural knowledge about a pattern of stimuli that cannot be articulated. *Cognitive Psychology*, 20, 24–37.
- Lorenz, K. (1973). *Die Rückseite des Spiegels*. München: Piper.
- Lüer, G., Ruhlender, P., Klettke, W., & Lass, U. (1989). The construction of procedural knowledge independent of declarative factual knowledge: An experimental study. In R. Groner & G. d'Ydewalle (Hrsg.), *Eye movement and psychological processes, congress proceedings, XXIV International Congress of Psychology*.
- McLeod, P. & Posner, M. (1984). Privileged loops from percept to act. In H. Bouma & D.G. Bouwhuis (Hrsg.), *Attention and performance, X, control of language processes*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Merton, D.A. (1972). How we control the contraction of our muscles. *Scientific American*, 226, 30–37.
- Metzger, R.L. & Antes, J.R. (1983). The nature of processing early in picture perception. *Psychological Research*, 45, 267–274.
- Meyers, L.S. & Rhoades, R.W. (1978). Visual search of common scenes. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 30, 297–310.
- Miller, J. (1981). Global precedence in attention and decision. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7, 1161–1174.
- Miller, J. (1988). Components of the location probability effect in visual search tasks. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14, 453–471.
- Miller, G.A., Galanter, E., & Pribram, K.H. (1960). *Plans and the structure of behavior*. New York: Holt, Rinehart, & Winston.
- Moray, N. (1959). Attention in dichotic listening: Affective cues and the influence of instruction. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 11, 56–60.
- Münsterberg, H. (1892). *Beiträge zur experimentellen Psychologie: Gedächtnisstudien*. Freiburg: Mohr.
- Navon, D. (1977). Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology*, 9, 353–383.
- Navon, D. (1981). The forest revisited: More on global precedence. *Psychological Research*, 43, 1–32.

- Navon, D. (1989). The importance of being visible: On the role of attention in a mind viewed as an anarchic intelligence system, I. basic tenets. *European Journal of Cognitive Psychology*, 1, 191–213.
- Navon, D. & Gopher, D. (1977). On the economy of the human processing system. *Psychological Review*, 86, 214–255.
- Neisser, U. (1963). Decision-time without reaction-time: Experiments in visual scanning. *American Journal of Psychology*, 76, 376–385.
- Neisser, U. (1976). *Cognition and reality*. San Francisco: Freeman.
- Neisser, U. (1978). Anticipations, images, and introspection. *Cognition*, 6, 169–174.
- Neumann, O. (1985). Die Hypothese begrenzter Aufmerksamkeit und die Funktionen der Aufmerksamkeit. In O. Neumann (Hrsg.), *Perspektiven der Kognitionspsychologie*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Neumann, O. (1987a). Beyond capacity: A functional view of attention. In H. Heuer & A.F. Sanders (Hrsg.), *Perspectives on perception and action*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Neumann, O. (1987b). Zur Funktion der selektiven Aufmerksamkeit für die Handlungssteuerung. *Sprache & Kognition*, 6, 107–125.
- Neumann, O. (1989). On the origins and status of the concept of automatic processing. *Zeitschrift für Psychologie*. (im Druck)
- Neumann, O. (1990). Visual attention and action. In O. Neumann & W. Prinz (Hrsg.), *Relationships between perception and action: current approaches*. New York, Berlin, Tokyo: Springer.
- Neumann, O. & Prinz, W. (1987). Kognitive Antezedenzen von Willkürhandlungen. In H. Heckhausen, P.M. Gollwitzer, & F.E. Weinert (Hrsg.), *Jenseits des Rubikon: Der Wille in den Humanwissenschaften*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Neumann, O. & Prinz, W. (Hrsg.) (1990a). *Relationships between perception and action: Current approaches*. New York, Berlin, Tokyo: Springer.
- Neumann, O. & Prinz, W. (1990b). Prologue: Historical approaches to perception and action. In O. Neumann & W. Prinz (Hrsg.), *Relationships between perception and action: Current approaches*. New York, Berlin, Tokyo: Springer.
- Norman, D.A. & Bobrow, D.G. (1975). On data-limited and resource-limited processes. *Cognitive Psychology*, 7, 44–64.
- Norman, D.A. & Bobrow, D.G. (1976). On the analysis of performance operating characteristics. *Psychological Review*, 83, 508–510.
- Ostry, D., Moray, N. & Marks, G. (1976). Attention, practice, and semantic targets. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2, 326–366.
- Palmer, S.E. (1975). The effects of contextual scenes on the identification of objects. *Memory and Cognition*, 3, 519–526.
- Pashler, H. (1987). Target-distractor discriminability in visual search. *Perception and Psychophysics*, 41, 285–292.
- Piaget, J. (1947). *Psychologie der Intelligenz*. Zürich: Rascher.
- Piaget, J. (1969). *Das Erwachen der Intelligenz beim Kinde*. Stuttgart: Klett.
- Piaget, J. (1980). *Das Verhalten – Triebkraft der Evolution*. Salzburg: Müller Verlag.
- Pomerantz, J.R. (1983). Global and local precedence: Selective attention in form and motion perception. *Journal of Experimental Psychology, General*, 112, 516–540.
- Posner, M. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3–25.
- Posner, M. & Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. In H. Bouma & D.G. Bouwhuis (Hrsg.), *Attention and performance, X, control of language processes*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Posner, M., Cohen, Y., & Rafal, R.D. (1982). Neural systems control of spatial orienting. *Philosophical Trans. R. Soc. Lond. Biol.*, 298, 187–198.

- Posner, M., Inhoff, A.W., Friedrich, F.J., & Cohen, A. (1987). Isolating attentional systems: A cognitive-anatomical analysis. *Psychobiology*, 15, 107–121.
- Posner, M., Nissen, M.J., & Ogden, W.C. (1978). Attended and unattended processing modes: The role of set for spatial location. In H.L. Pick & I.J. Saltzman (Hrsg.), *Modes of perceiving and processing information*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Posner, M., Petersen, S.E., Fox, P.T., & Raichle, M.E. (1988). Localization of cognitive operations in the human brain. *Science*, 240, 1627–1631.
- Posner, M., Snyder, C.R.R., & Davidson, B.J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 160–174.
- Posner, M., Walker, J.A., Friedrich, F.J., & Rafal, R.D. (1984). Effects of parietal injury on covert orienting of attention. *The Journal of Neuroscience*, 4, 1863–1874.
- Prinz, W. (1983). *Wahrnehmung und Tätigkeitssteuerung*. Berlin, Heidelberg, New York, Tokio: Springer.
- Prinz, W. (1983b). Redundanzausnutzung bei kontinuierlicher Suchtätigkeit. *Psychologische Beiträge*, 25, 12–56.
- Prinz, W. (1986). Continuous selection. *Psychological Research*, 48, 231–238.
- Prinz, W. & Nattkemper, D. (1986). Effects of secondary tasks on search performance. *Psychological Research*, 48, 47–51.
- Rayner, K., McConkie, G.W., & Ehrlich, S. (1978). Eye movements integrating information across fixation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4, 529–544.
- Reber, A.S. (1989). Implicit learning and tacit knowledge. *Journal of Experimental Psychology: General*, 118, 219–235.
- Reed, E.S. (1982). An outline of a theory of action systems. *Journal of Motor Behavior*, 14, 98–134.
- Reinert, G. (1985). Schemata als Grundlage der Steuerung von Blickbewegungen bei der Bildverarbeitung. In Neumann, O. (Hrsg.), *Perspektiven der Kognitionspsychologie*. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer.
- Remington, R.W. (1980). Attention and saccadic eye movements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 6, 726–744.
- Ryle, G. (1969). *Der Begriff des Geistes*. Stuttgart: Reclam.
- Schmidt, R.A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 225–260.
- Schneider, W. & Shiffrin, R.M. (1977). Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention. *Psychological Review*, 84, 1–66.
- Segal, S.J. & Fusella, V. (1970). Influence of imaged pictures and sounds on detection of auditory and visual signals. *Journal of Experimental Psychology*, 83, 458–464.
- Shiffrin, R.M. & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending, and a general theory. *Psychological Review*, 84, 127–190.
- Spelke, E.S., Hirst, W.C. & Neisser, U. (1976). Skills of divided attention. *Cognition*, 4, 215–230.
- Stoffer, T. (1990). *Warum kann die visuelle Aufmerksamkeit schneller hinein- als hinausfokussiert werden*. Abstract, 32. Tagung experimentell arbeitender Psychologen, Regensburg.
- Treisman, A.M. (1964). Verbal cues, language, and meaning in selective attention. *American Journal of Psychology*, 77, 206–219.
- Treisman, A.M. (1982). Perceptual grouping and attention in visual search for features and for objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8, 194–214.

- Treisman, A.M. & Geffen, G. (1967). Selective attention: Perception or response? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 19, 1–17.
- Treisman, A.M. & Gelade, G. (1980). A feature integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97–136.
- Treisman, A.M. & Riley, J.G.A. (1969). Is selective attention selective perception or selective response? A further test. *Journal of Experimental Psychology*, 79, 27–34.
- Turney, M.T. (1977). Preliminaries to a theory of action with reference to vision. In R. Shaw, R. & J. Bransford (Hrsg.), *Perceiving, acting, and knowing – toward an ecological psychology*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Uexküll, J.v. (1921). *Umwelt und Innenleben der Tiere*. Berlin: 1921.
- Vorberg, D. (1990). *Aufmerksamkeitswechsel zwischen Ebenen beim Erkennen von Mehr-Ebenen-Symbolen*. Abstract. 32. Tagung experimentell arbeitender Psychologen, Regensburg.
- Wandmacher, J. & Arend, U. (1985). Superiority of global features in classification and matching. *Psychological Research*, 47, 143–157.
- Ward, T.B. (1983). Response tempo and separable-integral responding: Evidence for an integral to separable processing sequence in visual perception. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9, 103–112.
- Weizsäcker, V.v. (1931). Der Gestaltkreis. *Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere*, 231, 630–661.
- Wolf, P. (1984). Saccadic eye movements and visual stability: Preliminary considerations towards a cognitive approach. In Prinz, W. & Sanders, A.F. (Hrsg.): *Cognition and motor processes*. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer.
- Wolf, P. (1985). Wahrnehmungslernen durch Blickbewegungen. In Neumann, O. (Hrsg.). *Perspektiven der Kognitionspsychologie*. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer.
- Wolf, P. (1986). Saccadic exploration and perceptual motor learning. *Acta Psychologica*, 63, 263–280.